Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Vierter Beitrag zur Ökologie der Flora auf Serpentin- und Magnesitböden

Von

Prof. Dr. Ludwig Lämmermayr, Graz

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. Dezember 1928)

I. Welche neuen Gesichtspunkte für die Behandlung des Serpentinpflanzen-Problems eröffnen die Arbeiten von L. Zollitsch, »Zur Frage der Bodenstetigkeit alpiner Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Azidităts- und Konkurrenzfaktors« (1927), und von F. A. Novak, »Quelques remarques relatives au problème de la végétation sur les terraines serpentiniques« (1928)?

Herr Universitätsprofessor Dr. K. Linsbauer (Graz) hatte die Güte, mich auf die obige Arbeit von Zollitsch, die in Flora oder allgemeine botanische Zeitschrift, neue Folge, 22. Bd., Heft 1 und 2, Jena 1927, ungefähr gleichzeitig mit meiner zweiten Veröffentlichung über Serpentinpflanzen[1] erschienen war, aufmerksam zu machen.

Zollitsch betont eingangs (p. 96, S. A.) mit Recht, daß es wünschenswert wäre, bei Untersuchungen über den Chemismus des Bodens die in der Rhizosphäre der Pflanzen physiologisch wirksame Bodenreaktion zu messen. Allerdings seien wir dazu derzeit noch nicht hinreichend imstande, da selbst die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration (Aziditätsbestimmung, im folgenden kurz als der *pH*-Wert bezeichnet) nicht die völlige Gewähr dafür gibt, daß damit auch wirklich die physiolgisch wirksame Bodenreaktion gemessen wird. Zollitsch untersucht in seiner Arbeit nur »kalkliebende« und »kalkfliehende« Pflanzen in ihrer Beziehung zur Bodenreaktion auf alpinen Böden in Bayern, Tirol und im salzburgischen Stubachtal (Gebiet des Naturschutzparkes). Uns interessiert vor allem die letztgenannte Lokalität, weil dort, am Rettenkopf, Serpentin auftritt. (Nach F. Rosenbusch, Elemente der Gesteinskunde, Stuttgart 1901, p. 174, ist dieser

---

[1] Diese meine Arbeiten, und zwar: Materialien zur Systematik und Ökologie der Serpentinflora, I. Neue Beiträge zur Kenntnis der Flora steirischer Serpentine, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 135. Bd., 9. Heft, 1926.

II. Das Problem der Serpentinpflanzen, Eine kritische ökologische Studie, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 136. Bd., 1. und 2. Heft, 1927.

Weitere Beiträge zur Flora der Magnesit- und Serpentinböden, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 127. Bd., 1. und 2. Heft, 1928, sind im folgenden der Kürze halber mit L I, L II, L III bezeichnet.

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Serpentin ebenso wie jener des Enzinger Bodens und am Sprengkogel ein Dunit.) Obwohl eine eigentliche »Serpentinflora« dort nicht existiert (*Asplenium cuneifolium* und *Asplenium adulterinum* fehlen dort, wie ich mich selbst überzeugte, völlig), sind doch die dort gemachten Beobachtungen Zollitsch's für das Serpentinpflanzenproblem von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Zollitsch rechnet (p. 108) den dortigen Serpentinboden zu jenen Böden, die aus basischen Urgesteinen (metamorphen, vortriassischen Sedimenten und Eruptiven) hervorgehen, und bedauert mit Recht, daß gerade diese Böden bisher so wenig bekannt seien. Beim Serpentin werde die Basizität des Gesteins durch das fast ausschließliche Vorhandensein von $H_4(MgFe_3)Si_2O_9$ bewirkt. Die Böden der basischen Urgesteine seien, sofern nicht größere Mengen von $CaCO_3$ vorhanden seien, meist schwach sauer, ihre Vegetation nur zum geringeren Teil »calciphytisch«, sonst aber »azidophytisch«, und p. 147 fügt er noch hinzu: »Ca-arme, aber Mg-reiche Serpentinböden reagieren sauer und tragen dementsprechend eine azidophytische Vegetation.«

Der Serpentin des Rettenkopfs ist nach Zollitsch (p. 111) extrem dysgeogen. Das unverwitterte oder wenig verwitterte Gestein reagiert basisch. Die untersuchten Sekundärböden desselben ergaben folgende *p*H-Werte: 6·06, 6·35, 6·38, 6·43, 6·57, 7·03, wiesen also schwach saure bis fast neutrale Reaktion auf. Speziell die Analyse eines Bodens mit dem *pH*-Wert 7·03 ergab einen Mg-Gehalt von 11·25%, bei einem Ca-Gehalt von 0·28%. Zollitsch fügt hinzu, daß es sich also in diesem Fall im Hinblick auf den relativ hohen Mg-Gehalt und den für Serpentin ebenfalls hohen Ca-Gehalt um einen keineswegs ausgelaugten alpinen Serpentinboden handelt, während die übrigen Serpentinböden bekanntlich wenig tiefgründig und nährstoffarm seien. Zollitsch führt dann einige (leider nur sehr wenige!) Pflanzenarten vom dortigen Serpentinboden an, die nach seiner Ansicht für dessen Reaktion bezeichnend sind (p. 127). So z. B. *Rhododendron ferrugineum*, das auf Serpentin bei einem *pH*-Werte von 7·03 und 6·57 (vgl. auch Tabelle p. 152/153!) beobachtet wurde. Die Pflanze hat, als typischer Azidophyt, nach Zollitsch ihre Hauptverbreitung (auf anderen Gesteinen) bei $pH = 5·5$ (p. 127). Ferner wurde auf dem Serpentin auch *Gentiana Kochiana* bei $pH = 6·06$ bis 6·43 beobachtet, die, ebenfalls als typischer Azidophyt, sonst meist bei $pH = 4·5$ bis 6·0 (p. 117) gefunden wird. Endlich nennt Zollitsch noch *Loiseleuria procumbens* vom Serpentin bei $pH = 6·35$ (vgl. Tabelle!). Als Ausnahme wird das Auftreten von *Saxifraga Aizoon* auf dem dortigen Serpentin bezeichnet (bei $pH = 6·38$), die nach Zollitsch, p. 119 und 120, als »Calciphyt besonderer Art« aufgefaßt wird. Dagegen fehlen dem Rettenkopfserpentin durchaus *Rhododendron hirsutum*, das nach Zollitsch ein eindeutiger Calciphyt ist und seine Hauptverbreitung bei $pH = 7·3$ hat (p. 127) und nur ausnahmsweise einmal bei $pH = 5·6$

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bis 5·7 beobachtet wurde (p. 146), sowie *Gentiana Clusii*, gleichfalls typischer Calciphyt, sonst bei $pH = 7{\cdot}2$ bis $7{\cdot}6$ beobachtet, nur über Humus auch bei $pH = 6{\cdot}25$ (p. 117).

Nach dem Gesagten scheinen also die Verhältnisse sehr einfach zu liegen und könnte etwa die Meinung Platz greifen, daß unter ähnlichen Verhältnissen auf Serpentinboden allgemein die Vegetation einen mehr weniger rein azidophytischen Charakter tragen müßte. Daß dem nicht so ist, geht schon aus meinen Untersuchungen über die Flora steirischer Serpentine (L I) deutlich hervor. Am nächsten dürfte dem Serpentin des Rettenkopfs der Serpentin unseres Lärchkogels stehen, von dem F. Heritsch (Beiträge zur Geologie der Grauwackenzone des Paltentales, Mitt. N. V. f. St., Bd. 48, 1911, p. 89/90) sagt, daß er ein Antigoritserpentin vom Typus des Stubachit, aus Dunit hervorgegangen, sei. Allerdings liegt von dort weder eine Analyse des Gesteins und seines Verwitterungsbodens, noch auch eine pH-Wertbestimmung des letzteren vor.

Dieser Serpentinboden trägt nun nicht nur ausgesprochene Azidophyten, wie *Vaccinium Myrtillus*, das nach H. Lundegardh (Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben, Jena 1925, p. 304) bei pH-Werten von $3{\cdot}5$ bis $3{\cdot}9$ wächst, oder *Calluna vulgaris*, für welche nach W. Benecke und L. Jost (Pflanzenphysiologie, Jena 1924, I. Bd., p. 163) die pH-Werte $5{\cdot}8$ bis $4{\cdot}6$ ermittelt wurden, sowie *Alnus viridis*, sondern auch Calciphyten, wie *Rhododendron hirsutum, Erica carnea, Asplenium viride,* wobei sogar *Erica* und *Calluna* auf engem Raum Mischbestände bilden! Außerdem kommt hier auch vereinzelt *Asplenium cuneifolium* vor (vgl. L I, p. 375).

Auf dem Serpentin des Hochgrößen (vgl. L I, p. 386) überwiegen allerdings ganz ersichtlich die Azidophyten (im Sinne Zollitsch's) mit *Calluna vulgaris, Gentiana Kochiana, Loiseleuria procumbens, Alnus viridis, Rhododendron intermedium* (das im allgemeinen zwar für bodenvag gilt, von Zollitsch aber (p. 127) als ein ebenso eindeutiger Azidophyt ($pH = 5{\cdot}8$) wie *Rhododendron ferrugineum* erklärt wird). Aber immerhin kommen auch hier Calciphyten, wie *Erica carnea*, *Asplenium viride* u. a., vor. Da das Serpentingestein des Hochgrößen $36{\cdot}79\%$ MgO und nur $0{\cdot}18\%$ CaO enthält, dürfte, nach der von Zollitsch vertretenen Ansicht, sein Verwitterungsboden wohl schwach saure Reaktion aufweisen. Die Serpentinböden von Kraubath und Kirchdorf (speziell erstere) weisen einen auffallend hohen Prozentsatz von »Calciphyten« gegenüber den »Azidophyten« auf, wobei sich noch (speziell im Fall Kirchdorf) die interessante Feststellung machen läßt, daß im allgemeinen die »Calciphyten« die Südabdachung, die »Azidophyten« den Nordhang besiedeln (L I, p. 394 bis 396). Auch die beiden »Serpentinfarne« *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* sind bei Kirchdorf durchaus an die Südseite gebunden. Nordseitig finden wir dort Azidophyten, wie *Calluna vulgaris,*

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Rhododendron ferrugineum, Vaccinium Myrtillus, Sphagnaceen, was wohl u. a. auch damit zusammenhängt, daß, wie Zollitsch, p. 123, betont, in Nord- und Nordostlagen die Humuszersetzung sehr langsam vor sich geht, wodurch es zu starker Ansäuerung des Bodens kommt.

Ob der Serpentin von Kraubath, der (im Gestein) 37·09% Mg O und 1·32% CaO enthält, etwa wegen dieser beträchtlicheren CaO-Menge (wie groß sie im Boden ist, ist nicht bekannt) einen Verwitterungsboden von mehr alkalischer Reaktion liefern könnte, soll vorläufig dahingestellt bleiben. Ich werde auf diesen Punkt noch gelegentlich der Besprechung meiner diesjährigen Untersuchungen im dortigen Gebiet später zurückkommen.

Wir sehen also recht erhebliche Verschiedenheiten, speziell was den Anteil an »Azidophyten« und »Calciphyten« betrifft, in der Zusammsetzung der Vegetation der Serpentinböden selbst in einem so kleinen Gebiet, wie es Steiermark ist! Wir dürfen daraus wohl schließen, daß der *pH*-Wert auch im Serpentinboden im allgemeinen recht beträchtlich variieren kann. Und wenn Zollitsch (p. 113) sagt, daß jeder einzelne Boden, ob kalkarm oder kalkreich, dysgeogen oder eugeogen, in seiner Bodenreaktion so verschiedene Standorte bieten könne, daß er nicht als ein einheitlicher angesehen werden könne, so gilt dies naturgemäß wohl auch für den Serpentin! Lundegardh (l. c., p. 313) betont aber auch mit Recht, daß selbst Böden mit gleichem *pH*-Wert durchaus nicht ökologisch gleichwertig zu sein brauchen, da die H-Ionen wohl ein wichtiger Standortsfaktor seien, aber nicht, wie O. Arrhenius (Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum, Leipzig 1926) annimmt, über die anderen Bodenfaktoren einfach dominieren, da ja auch der Nährsalzgehalt des Bodens ein keineswegs zu unterschätzender Faktor sei.

Da Zollitsch nur ganz wenige *pH*-Werte von einer einzigen Serpentinlokalität bringt, ist es natürlich auch nötig, zum Vergleich solche von anderen Örtlichkeiten heranzuziehen. Glücklicherweise finden wir einige solche auch in der eingangs erwähnten Arbeit Novak's. Seine Tabelle III, p. 61, enthält eine Reihe von *pH*-Werten, und zwar von Serpentinboden (beziehungsweise der Rhizosphäre der darauf gewachsenen Pflanzen) aus Mähren (Raškov bei Grumberg), $pH = 6{\cdot}8$, von »Serpentinboden« in Spalten des Micaschistgneises (ebendort), $pH = 6{\cdot}0$ bis $6{\cdot}1$, von »Serpentinboden« in Spalten des Granulits bei Zlata Koruna in Böhmen, $pH = 6{\cdot}5$, $6{\cdot}7$, von ebensolchem Boden bei Holubov (Böhmen), $pH = 6{\cdot}8$, endlich von Serpentinboden aus Serbien (Zlatibor), $pH = 7{\cdot}4$ bis $7{\cdot}5$. Halten wir demnach die Ergebnisse von Zollitsch und Novak zusammen, so ergeben sich für Serpentinboden die *pH*-Werte von 6·0, 6·5, 7, 7·03, 7·5, d. h. die Reaktion desselben kann schwach sauer, fast neutral bis alkalisch sein. Da nach dem Ausweis der Novak'schen Tabelle dabei in jenen Fällen, wo der CaO-Gehalt des Bodens beträchtlich

© Verlag Austria der Österreichischen Akademie der Wissenschaften; download unter www.biologiezentrum.at

über 1% sich erhebt, wie auf den serbischen Serpentinen (mit 3·44, 3·86, 3·98%), die Reaktion eine alkalische ist, während sie in den übrigen Fällen, wo der CaO-Gehalt weit unter 1% bleibt, eine saure ist, so wäre man abermals geneigt, anzunehmen, daß die alkalische Reaktion auch hier und vielleicht allgemein auf den stärkeren CaO-Gehalt zurückgehe. Aber schon Zollitsch betont (p. 104), daß eine solche Verallgemeinerung keinesfalls zulässig sei, da eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Azidität des Bodens und seinem Kalkgehalt bis jetzt nicht mit Sicherheit aufgedeckt werden konnte. Er beruft sich dabei auf ein Beispiel von Swanson, nach welchem einmal ein Boden mit einem CaO-Gehalt von 0·60% sauer (entsprechend $pH = 4·73$) reagierte, ein andermal aber ein solcher mit nur 0·12% CaO neutral! (entsprechend $pH = 7·03$). Wie ich später zeigen werde, kann der pH-Wert des Serpentinbodens unter bestimmten Bedingungen, wie sie z. B. bei Kraubath gegeben sind, einen noch über $pH = 7·5$ hinausgehenden Wert, demnach noch stärkere alkalischere Reaktion aufweisen. Hier soll zunächst die sich nun ergebende Frage beantwortet werden, welchem Typus, dem der »Azidophyten« oder »Calciphyten« speziell die beiden »Serpentinfarne« *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* unterzuordnen seien? Diese Entscheidung fällt keineswegs leicht. Am Lärchkogel z. B. tritt *Asplenium cuneifolium* teils ganz isoliert, teils der *Erica carnea* (also einem Calciphyten) beigesellt auf, bei derzeit unbekanntem pH-Wert des Bodens. Auch in der Gulsen bei Kraubath wächst es häufig in lichten Rasen dieser Pflanze, ebenso im lichten Föhrenwald bei Kirchdorf, wo aber der *Erica carnea* am gleichen Standort nicht selten *Calluna vulgaris* beigemischt ist, in Felsspalten (bei Kirchdorf) auch oft in Gesellschaft des Calciphyten *Asplenium viride*. Leider kennen wir auch im Fall Kraubath und Kirchdorf derzeit nicht den pH-Wert der Rhizosphäre des Standortes. Aber auch die Untersuchungen Novak's ergeben, wenigstens hinsichtlich der Bewertung des *Asplenium cuneifolium*, ein wechselndes Bild. So erscheint dieser Farn in Mähren auf Serpentin bei $pH = 6·8$, in Böhmen bei $pH = 6·5$, 6·7, 6·8, also durchweg bei schwachsaurer Reaktion, wogegen er in Serbien auf Serpentin bei $pH = 7·4$, also bei alkalischer Reaktion auftritt. *Asplenium adulterinum* allerdings wird von Novak aus Mähren nur von Standorten mit saurer Reaktion ($pH = 6·0$, 6·1, 6·8) gemeldet (Tabelle III). Ein typischer Azidophyt im Sinne Zollitsch's ist demnach *Asplenium cuneifolium* nicht; einmal weil die obere Grenze der Azidophyten nach Zollitsch (p. 146) durch ungefähr neutrale Reaktion ($pH = 7·0$) gegeben ist, während unser Farn erheblich darüber hinausgeht ($pH = 7·4$, nach meinen Beobachtungen in der Gulsen und am Dürenberg bei Kraubath auf Serpentin sogar noch bei 7·6 bis 7·7!) und ferner, weil echte Azidophyten nach Zollitsch auch bei fehlender Konkurrenz nur an saure Böden gebunden sind, *A. cuneifolium* aber gerade auf Serpentin, einem Gestein,

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

auf dem die Konkurrenz gewiß eine minimale ist, sowohl bei saurer als alkalischer Reaktion auftritt. Aber auch die Bezeichnung Calciphyt paßt nicht völlig für ihn. Zwar bildet für Calciphyten nach Zollitsch erst ein pH-Wert jenseits des Neutralitätspunktes, bei etwa 6·0, die Grenze, und dies würde ja für *A. cuneifolium* ungefähr stimmen, aber wiederum sollen nach Zollitsch echte Calciphyten auch bei fehlender Konkurrenz streng an Ca-reiche Böden mit einem pH-Wert > 6 gebunden sein! Anders liegt die Sache hinsichtlich der Bewertung des *Asplenium adulterinum*, das nach den vorliegenden Beobachtungen auf Serpentin bis jetzt nur bei saurer Reaktion bekannt ist, demnach ein Azidophyt sein könnte. Es ist übrigens gar nicht nötig, *Asplenium cuneifolium* durchaus der Kategorie der Azidophyten, beziehungsweise Calciphyten im Sinne Zollitsch's eingliedern zu wollen.

Nach Lundegardh (l. c., p. 300) schwankt der pH-Wert der Böden überhaupt im allgemeinen zwischen $pH = 3{\cdot}0$ bis $11{\cdot}0$. Nur in Amerika gibt es noch stärker saure Böden mit $pH = 1{\cdot}7$ und in Ägypten stärker alkalische mit $pH = 11$. Benecke (l. c., p. 162) meint, daß Pflanzen auf Sodaböden noch bei $pH = 12$ gedeihen dürften. Dieses Intervall von $pH = 3{\cdot}0$ bis $11{\cdot}0$, beziehungsweise $1{\cdot}7$ bis 12 wird aber von der Pflanzenwelt keineswegs restlos ausgeschöpft. Nach Benecke (l. c., 162) gedeihen die meisten Blütenpflanzen nur innerhalb der Grenzen von $pH = 5$ bis 9. Möglicherweise ist für Sporenpflanzen dieses Intervall etwas weiter gesteckt. *Asplenium cuneifolium* gehört wohl an und für sich zu jenen Pflanzen, die eben eine gewisse größere Breite des Intervalls aufweisen, wie etwa *Taraxacum officinale*, das zwischen $pH = 6{\cdot}1$ bis 9, oder *Bellis perennis*, welche zwischen $pH = 5{\cdot}4$ bis $8{\cdot}4$ gedeiht (Benecke, l. c., p. 162).

Bisher haben wir nur den pH-Wert, bei dem die beiden Serpentinfarne auf Serpentin beobachtet wurden, ins Auge gefaßt Nun kommen aber beide auch auf anderem Substrat, u. a. auf Magnesit vor. Magnesit ist aber im wesentlichen Magnesiumkarbonat. Ich habe (L III, p. 67) die Vermutung ausgesprochen, das außer Kalkböden auch solche, die aus Magnesit, Dolomit, Ankerit und Siderit hervorgehen, gleich dem Kalkboden alkalische Reaktion aufweisen dürften, und füge hinzu, daß mir im damaligen Zeitpunkt die Arbeiten von Zollitsch, Arrhenius usw. noch nicht bekannt waren. Nach Einsichtnahme in dieselben gebe ich gerne zu, daß diese Auffassung etwas modifiziert werden muß. Denn Zollitsch (l. c., p. 111) sagt: »Böden kalkreicher Gesteine sind vorwiegend alkalisch bis schwach sauer« und E. Wehrle, Studien über die Wasserstoffionen-Konzentrationsverhältnisse und Besiedelung an Algenstandorten in der Umgebung von Freiburg im Breisgau, in Zeitschritt für Botanik, Jena 1927, *19*, p. 209, bezeichnet Kalkböden als ausnahmslos leicht alkalisch.

Nun sind aber die Magnesite (speziell die steirischen) gleich den Serpentinen im allgemeinen nichts weniger als reich an CaO,

© Verlag Austria

beziehungsweise $CaCO_3$, und es ist daher im Hinblick darauf nicht ohne weiteres zulässig, auf eine alkalische Reaktion ihrer Böden zu schließen.

Wenn nun aber Magnesitböden tatsächlich, wie ich mich überzeugt habe z. B. bei Kraubath, sogar eine sehr ausgeprägte alkalische Reaktion aufweisen können ($pH = 8 \cdot 7$ bis $8 \cdot 8$!), so hat dies einen anderen Grund. Nach Lundegardh (l. c., p. 300) kann Magnesiumkarbonat den pH-Wert bis auf 10 bringen, und Benecke (l. c., p. 162) fügt im Hinblick darauf hinzu, Dolomitböden können also noch stärker alkalisch sein als Kalkböden, bei denen der pH-Wert nie über $pH = 8$ 4 hinausgeht. Dolomit ist bekanntlich ein Doppelkarbonat ($CaCO_3 + MgCO_3$) mit etwa $29 \cdot 87\%$ CaO und $20 \cdot 18\%$ MgO, während im Kalk etwa $51 \cdot 74\%$ CaO nur $2 \cdot 84\%$ MgO gegenüberstehen (L III, p. 68 und p. 70).

Da demnach MgO, beziehungsweise $MgCO_3$ in weit stärkerem Maße die alkalische Reaktion des Bodens fördert als CaO, beziehungsweise $CaCO_3$, läßt sich daraus beim Magnesit, bei welchem der Gehalt an MgO unter allen Karbonaten weitaus am höchsten ($44 \cdot 71\%$) ist, während der CaO-Gehalt nur zirka $6 \cdot 94\%$ ausmacht, die alkalische Reaktion des Bodens ohne weiteres begreifen. Da nun auf Magnesitboden bei Kraubath mit dem oben angeführten pH-Wert von $8 \cdot 7$ bis 8 8 ebenfalls *Asplenium cuneifolium* beobachtet wurde, so erfährt dadurch seine Anpassung nach der Seite der alkalischen Reaktion hin eine abermalige Erweiterung und ist seine Gesamtanpassung demnach vorläufig mit dem Intervall zwischen $pH = 6 \cdot 5$ bis $8 \cdot 8$ zu erstellen. Da wir aber auch *Asplenium adulterinum* von Magnesitboden kennen (Oberdorf, allerdings ohne Feststellung des pH-Wertes!), dürfte auch sein Areal nach der alkalischen Seite der Bodenreaktion zu erweitern sein und damit sein rein azidophytischer Charakter in Frage gestellt werden.

So hat die Bestimmung des pH-Wertes des Serpentinbodens, beziehungsweise der Rhizosphäre der darauf wachsenden Pflanzen schon jetzt zu recht bemerkenswerten Resultaten geführt, die sowohl zu einer besseren Charakterisierung der chemischen Natur des Serpentinbodens als auch der Ansprüche der darauf wachsenden Pflanzen wesentlich beitragen. Erst jetzt wird man sich eigentlich so recht bewußt, wie wenig wir über den Chemismus des Serpentinbodens im Grunde genommen wußten. Oder wer hätte gedacht, daß die in edaphischer Hinsicht so einseitig angepaßten Serpentinfarne (speziell *Asplenium cuneifolium)* eine so bedeutende Breite der Anpassung an verschiedene pH-Werte, beziehungsweise verschiedene Reaktion des Bodens aufweisen würden?! Damit soll natürlich in keiner Weise, wie schon früher betont, etwa einer überragenden Bedeutung und Einschätzung des pH-Faktors das Wort geredet werden, speziell nicht in einer so komplizierten Frage, wie es jene nach der Bedingtheit der Serpentinpflanzen ist. Es ist sehr leicht möglich, daß ihm gerade in dieser Hinsicht nur eine ganz sekundäre Bedeutung gegenüber anderen

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Faktoren zukommt, und Novak z. B., der in seiner im folgenden näher zu besprechenden Arbeit zwar die *pH*-Werte von Serpentinböden, beziehungsweise Serpentinpflanzen anführt, unterläßt es auch, wohl aus diesem Gedankengang heraus, daran irgendwelche Folgerungen zu knüpfen. Als Teilbedingung aber innerhalb des Komplexes der edaphischen Bedingtheit der Pflanzen im allgemeinen und der Serpentinpflanzen im besonderen soll dem *pH*-Wert eine Bedeutung durchaus nicht abgesprochen werden. Und in diesem Sinn ist die Arbeit von Zollitsch, die sich erfreulicherweise von vorschnellen Verallgemeinerungen freihält, als ein wertvoller Impuls auf dem noch weiten Weg zur Lösung des Serpentinpflanzenproblems wärmstens zu begrüßen.

Eine noch viel ausführlichere Würdigung erfordert hier die eingangs zitierte Arbeit von A. Fr. Novak, Quelques remarques relatives au problème de la végétation sur les terraines serpentiniques, Preslia, Bulletin de la Société Botanique Tschécoslovaque à Prague, Vol. VI, 1928, S. A., da in derselben eine mehr oder weniger neuartige Lösung des Problems der Serpentinpflanzen versucht wird und die Arbeit, wie der Autor eingangs (p. 43) betont, zugleich eine Widerlegung gewisser Punkte bedeuten soll, die in dem zweiten Teil meiner Materialien zur Systematik und Ökologie der Serpentinflanzen enthalten sind (L II, 1927).

Novak erblickt vor allem in der — nach ihm — in allen Serpentinverwitterungsböden zu beobachtenden Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ die unumgängliche Voraussetzung für das Zustandekommen von Serpentinomorphosen, beziehungsweise für die Existenz und Erhaltung der Serpentinpflanzen (p. 58, 63, 65). Auch eine bedeutende absolute Menge von MgO im Boden wird p. 58 und 65 als notwendig, p. 63 aber, im Gegensatz dazu, als nicht maßgebend bezeichnet. Daneben wird noch p. 58 darauf hingewiesen, daß keine Chloride zugegen sein dürfen, p. 63 und 65 der großen Menge der Eisenverbindungen im Serpentinboden, als möglicherweise eine Rolle spielend, gedacht und ebendort (p. 65) auch eine schwache Konzentration von Sulfaten als eine Voraussetzung bezeichnet. Es ist sehr zu bedauern, daß Novak diese nach seiner Ansicht maßgebenden Bedingungen in so wenig übersichtlicher, beziehungsweise wenig präziser Weise formuliert hat. Die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ will nach Novak (p. 63) so viel besagen, daß die Serpentinflora durchaus von dem Vorhandensein nicht balancierter Mg-Ionen abhängig sei. Daß die epilithische Vegetation des Serpentins keine Serpentinomorphosen aufweise, wird (p. 65) darauf zurückgeführt, daß sie eben nicht mit dem Verwitterungsboden in Berührung stehe;

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

anderseits weist Novak aber gleich eingangs (p. 43) speziell darauf hin, daß auch in jedem Serpentingestein die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ zutreffe! Die Hauptstützen der von Novak vertretenen Theorie bilden die in den Tabellen I bis III (p. 59 bis 61) zusammengestellten Gesteins- und Bodenanalysen. Tabelle I führt den Prozentgehalt an MgO und CaO sowie den Wert der Relation $\frac{MgO}{CaO}$ von Serpentinen (und verwandten Gesteinen) sowie von Magnesiten vor (an welche Gesteine nach Novak die »Serpentinpflanzen« strenge gebunden seien), Tabelle II berücksichtigt die analogen Werte in verschiedenen nicht serpentinischen Gesteinen (auf welchen man nach Novak niemals Serpentinpflanzen findet) und Tabelle III endlich bringt die Werte, welche für die Relation $\frac{MgO}{CaO}$ im Verwitterungsboden von Serpentinen und Nichtserpentinen, genauer gesagt, in der Rhizosphäre der Pflanzen ermittelt wurden, die auf diesen Böden wuchsen. Die vergleichende Betrachtung dieser drei Tabellen ergibt, daß der Wert der Relation $\frac{MgO}{CaO}$ in den Serpentinen, damit verwandten Gesteinen sowie in den Magnesiten, desgleichen in den von Serpentinen herrührenden Verwitterungsböden durchweg größer als 1 ist, dagegen in den angeführten nicht serpentinischen Gesteinen sowohl als auch z. B. in von dolomitischem Kalke herrührenden Verwitterungsboden im allgemeinen unter 1 bleibt.

Es ist jedoch, wie ich gleich hier betonen möchte, nicht zulässig, die Ergebnisse der Tabelle I (Gesteinsanalysen!) hinsichtlich der Relation $\frac{MgO}{CaO}$ ohne weiteres mit jenen der Tabelle III (Bodenanalysen!) zu vergleichen, um so weniger, als die Gesteine, welche die Verwitterungsböden der Tabelle III geliefert haben, z. B. Serpentin, nicht identisch mit den entsprechenden Gesteinen der Tabelle I sind. Novak vergleicht aber den Wert der Relation $\frac{MgO}{CaO}$ in der Tabelle III ohne weiteres mit dem entsprechenden Werte der Tabelle I, was u. a. aus p. 52 seiner Arbeit klar hervorgeht, wo er sagt, daß die Analyse des »Granulitbodens« von Adolfstal die Relation $MgO : CaO = 27\ 1$ ergibt, womit bewiesen sei, daß es sich in Wirklichkeit eben um einen Serpentinboden handle, bei dem $\frac{MgO}{CaO}$ stets > 1 ist, und nicht um Granulit, bei welchem $MgO : CaO = 0{\cdot}35 : 1$, demnach $\frac{MgO}{CaO} < 1$ sei. Die Relation $MgO : CaO = 0{\cdot}35\ 1$ ist aber die Tabelle I entnommen und bezieht sich auf

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

das Gestein! Die Gegenüberstellung von Tabelle I und II könnte überdies den Anschein erwecken, als ob die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ auf die in Tabelle I genannten Gesteine und ebenso die Relation $\frac{MgO}{CaO} < 1$ auf die in Tabelle II angeführten Gesteine beschränkt sei, was, zumindest hinsichtlich ersterer, nicht der Fall ist. Novak selbst muß z. B. auf Tabelle II drei Ausnahmen davon verzeichnen, nämlich Sandstein (Grès de Styrie, was aus meiner Arbeit falsch zitiert ist, da dieser Sandstein ebensowenig aus Steiermark stammt wie z. B. der an anderer Stelle zitierte Gabbro de Styrie, Diorit de Styrie, Calcaires de Styrie!), bei dem $\frac{MgO}{CaO} = 1{\cdot}06$, sowie Grauwacke, bei der einmal $\frac{MgO}{CaO} = 1{\cdot}99$, ein andermal gar 2·42 ist! Man braucht übrigens nur Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre, 1901, durchzusehen, um unschwer zahlreiche weitere Beispiele dafür zu erbringen, daß auch in anderen, dem Serpentin mehr oder weniger fernstehenden Gesteinen die Relation $\frac{MgO}{CaO}$ oft genug > 1

Gestein	Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre	$\frac{MgO}{CaO}$	Fe-Oxyd in Prozenten
Kammgranit (Hornblendegranitit, Vogesen)	p. 79, Nr. 17	1·5	—
Tonschiefer (Elsaß)	» 99, 4	1·8	
Andalusithornfels (Elsaß)	99, 11	3·1	—
Turmalinhornfels (U. S. A.)	99, 16*a*	4·7	—
Glimmersyenit (Schwarzwald)	108, 3*a*	8·0 (!)	—
Bronzitführender Olivingabbro (Harzburg)	155, 4	1·8	10
Forellenstein (Schlesien)	155, 16	3·3	8
Ilmenitnorit (Norwegen)	157, 5	4·7	26
Glimmertrachyt (Toskana)	283, 1	1·8	—
Keratophyr (Harz)	286, 11	11·8 (!)	—
Olivindiabas (England)	336, 12	1·3	10
Tonschiefer (Harz)	347, 11	11·3 (!)	
Nephelinbasalt (Meiches)	372, 11	1·1	19
Sandstein (Heidelberg)	406, 6	6·7	—
Mergelschiefer (Württemberg)	427, 5	3·3	—
Schieferton (Estland)	437, 12	6·7	—
Lehm (München)	437, 10	1·5	
Ton (Walkerde) (Cilli)	437, 8	2·2	—
Tonschiefer (Wieder Schiefer) (Harz)	442, 3	15·45 (!)	
Phyllit (Sachsen)	450, 2	10·9 (!)	—
Paragneis (Glimmergneis) (Schwarzwald)	487, 4	3·7	7
Talkschiefer	520, 1—4	7·6	6 bis 7
Chloritschiefer	522, 1—4	5·4	10 29
Strahlsteinschiefer (Chiavenna)	526, 1	15·6 (!)	11
Hornblendeschiefer (Finnland)	526, 6	5·1	15

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sein kann, womit sich auch gar nicht selten ein erheblicher Eisengehalt verbindet. Aus der Fülle solcher Beispiele sind auf p. 10 nur einige angeführt.

Dazu ist noch zu bemerken, daß nach Rosenbusch, p. 441, z. B. für die Tonschiefer ganz allgemein ganz außerordentlich charakteristisch die Vorherrschaft von MgO gegenüber CaO bei durchschnittlich hohem Gehalte an Fe-Oxyden ist und (p. 487) in den Paragneisen $\frac{MgO}{CaO}$ fast stets > 1 ist. In Rinne, Praktische Gesteinskunde, 1908, p. 174, ist ein Phonolith angeführt, bei dem $\frac{MgO}{CaO} = \frac{1 \cdot 26}{0 \cdot 01} = 118$ (!) ist.

Man sieht also, daß selbst aus der Relation $\frac{MgO}{CaO}$ sich ergebende Werte von weit über 8, die nach Novak für Serpentine so charakteristisch sein sollen, auch bei nicht serpentinischen Gesteinen gar nicht so selten zu beobachten sind!

Aber auch in den Verwitterungsböden nicht serpentinischer Gesteine kann die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ sein. Novak selbst führt in Tabelle III einen Tonboden mit Halophytenvegetation aus Böhmen an, der den Wert $\frac{MgO}{CaO} = 1 \cdot 48$ aufweist, ohne etwa Serpentinpflanzen zu tragen. Wohl mit Rücksicht darauf bezeichnet Novak, p. 58, neben der Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ auch das Fehlen von Chloriden als Voraussetzung für die Serpentinpflanzen! Von ganz besonderer Bedeutung aber ist in diesem Zusammenhang der von Kraus, Boden und Klima auf kleinstem Raum, Jena 1911, p. 33, aufgezeigte Fall, wo der Verwitterungsboden eines Wellenkalkes für die Relation von $\frac{MgO}{CaO}$ den Wert von 4·5 ergibt! Novak geht somit von einer falschen Voraussetzung aus, wenn er annimmt, daß das Verhältnis von MgO : CaO im Verwitterungsboden stets das gleiche sei wie in dem Gestein, aus dem dieser Boden entstanden. Denn in dem erwähnten Wellenkalk ist das Verhältnis von $\frac{MgO}{CaO}$ im Gestein geradezu umgekehrt und ergibt dort den Wert 0·008 1!

Es klingt zunächst allerdings sehr bestechend und scheint für die Novak'sche Theorie zu sprechen, daß in allen bisher untersuchten Serpentinen und Magnesiten die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ ist, daß ferner die bisher analysierten Verwitterungsböden des Serpentins (von Ebner, 1861, und Novak, 1928) gleichfalls den Wert $\frac{MgO}{CaO} > 1$ aufweisen

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und endlich auch die von Ebner, 1861, untersuchte Asche des auf Serpentinboden gewachsenen *Asplenium cuneifolium* abermals die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ lieferte. Aber erstens liegen bisher überhaupt noch viel zu wenig Analysen von Serpentinböden vor, was auch Novak bedauernd zugibt, und zweitens sind bisher in keinem einzigen Falle die Analysen in folgender lückenloser Weise: Analyse des Serpentingesteins, des daraus entstandenen Verwitterungsbodens und der darauf gewachsenen Serpentinpflanze durchgeführt worden, und selbst wenn sich dann in allen drei Fällen die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ ergäbe, wäre damit noch immer nicht bewiesen, daß, was hier im einzelnen Falle zutrifft, stets sich ergeben müsse, beziehungsweise damit nicht ausgeschlossen, daß unter Umständen — analog wie der genannte Wellenkalk — einmal auch ein Serpentin oder Magnesit einen Boden liefern könnte, in dem $\frac{MgO}{CaO} < 1$ ist! Auch darf man nicht außer acht lassen, daß das für einen bestimmten Serpentinboden nachgewiesene Verhältnis $\frac{MgO}{CaO} > 1$ ebendort sehr wohl weitgehenden örtlichen (z. B. mit der Tiefe) und zeitlichen Änderungen unterliegen kann. Und wenn wirklich die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ nach Novak das mehr oder weniger Entscheidende ist, warum gibt es dann doch Serpentine und Magnesite, die keine Serpentinpflanzen tragen, und umgekehrt, warum kommen solche auf Nichtserpentin(beziehungsweise Magnesit)böden, wenn sie den Wert $\frac{MgO}{CaO} > 1$ aufweisen, nicht vor? Novak selbst fühlt diesen Widerspruch sehr wohl und sucht z. B. das Fehlen der Serpentinpflanzen auf manchen Serpentinböden (p. 62) damit zu erklären, daß er sagt, es handle sich dabei meist um kleinere Serpentineinschlüsse inmitten anderer Gesteine, auf welche aus verschiedenen Gründen die Serpentinflora nicht hinkam oder sich dort nicht halten konnte. Auch gibt er zu, daß eine dicke Humusschichte die Wirkung des Serpentins völlig vernichten könne, was von mir im ersten Teil meiner Materialien zur Systematik und Ökologie der Serpentinpflanzen bereits mehrfach festgestellt worden war. Was die Größe des Serpentinareales aber betrifft, so möchte ich hier betonen, daß dieselbe keineswegs an und für sich über Sein oder Nichtsein der Serpentinpflanzen entscheidet. Denn von ausdrücklich als klein bezeichneten Serpentinvorkommen, wie z. B. in Niederösterreich zwischen Oberholz und Elsarn, wird z. B. (H. Braun, Österr. bot. Zeitschr., 1892, p. 25) *Asplenium cuneifolium* gemeldet, während ich anderseits es auf der ansehnlichen Serpentin-

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

masse des Hochgrößen in Steiermark nicht antraf. Recht unbequem für Novak sind natürlich jene Fälle, in welchen nach dem Berichte maßgebender Autoren solche Pflanzen, die Novak für ausgesprochen serpentinstet hält, auch auf nicht serpentinischem Substrat vorkommen. Novak behilft sich allerdings damit, daß er einfach konsequent die Glaubwürdigkeit derartiger Angaben in Zweifel zieht. So hinsichtlich des Vorkommens der *Halacsya Sendtneri* (Boissier) Dörfler (p. 46), die nach Maly auch auf Diorit und Mergel vorkommt, oder der *Fumana Bonapartei* Maire et Petitmengin (p. 47), nach diesen Autoren auch auf Schiefer, der *Euphorbia glabriflora* Vis. (p. 48/49), die nach Beck auch von Kalk bekannt ist, endlich von *Gypsophila spergulifolia* var. *serbica* Grisebach (p. 53), welche nach Grisebach auch auf Diorit wächst. Doch gibt Novak hinsichtlich der *Euphorbia glabriflora* Vis. schon p. 49 die Möglichkeit zu, daß sie auch Kalk zu besiedeln imstande sei, unter der Voraussetzung, daß die dortige Konkurrenz nicht zu groß sei. Ja sogar was die von ihm mit besonderer Zähigkeit verfochtene Serpentinstetigkeit der Serpentinfarne betrifft, bequemt er sich p. 46 zu einem offenkundigen Rückzug, indem er, auf das in der Literatur verzeichnete (aber auch von mir nicht als sicher betrachtete!) Vorkommen von *Asplenium adulterinum* auf Sandstein und Granit anspielend, meint, daß es nicht unmöglich sei, daß eine bestimmte Serpentinpflanze sich übergangsweise und unter der Bedingung, daß die Konkurrenz des Vegetationsrestes am Standorte eine sehr geringe ist, auch auf ein anderes Substrat verirren kann, ähnlich wie ja auch zuweilen eine Kalkpflanze, z. B. *Phyllitis scolopendrium*, sich auf Serpentin verirren könne. Will Novak damit etwa sagen, daß unter Umständen das Fehlen oder der geringe Grad von Konkurrenz an einem Standorte geradezu stellvertretend für die dort nicht vorhandene Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$, die er sonst als maßgebend erachtet, einspringen kann? Das bedeutet doch wohl nichts anderes als eine ausgesprochene Durchlöcherung seiner eigenen Theorie!

Ausführliche Besprechung verlangt auch die Stellungnahme Novak's zu der in der Literatur seit Celakovsky (1883) als gesichert geltenden Angabe, daß *Asplenium cuneifolium* bei Adolfstal in Südböhmen auch auf Granulit, außer auf Serpentin, vorkomme, was natürlich, da ja im Granulitgestein und, wie Novak ohne weiteres folgert, auch im Granulitboden, die Relation $\frac{MgO}{CaO} < 1$ ist, mit seiner Theorie nicht vereinbar wäre. Novak bemüht sich daher (p. 51/52), nachzuweisen, daß es sich in diesem Falle, was den Standort des *Asplenium cuneifolium* betrifft, gar nicht um einen Granulitboden, sondern vielmehr ebenfalls um einen Serpentinboden handle. Er kommt nach eingehendem Studium der Lokalität zu dem Schlusse, daß dort, bei Zlata Koruna, entweder Überbleibsel von Serpentinschutt zwischen den Granulitblöcken angehäuft sind

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

oder aber, daß es sich um einen Granulit handelt, der auf Hängen gelagert ist und von dem oberhalb anstehenden Serpentin her mit einer MgO-reichen Lösung durchtränkt wird. Diese Annahme wird ihm zur Gewißheit auf Grund der Analyse der Erde aus der Rhizosphäre des *Asplenium cuneifolium* vom dortigen Standorte, welche (Tabelle III, p. 61) für die Relation $\frac{MgO}{CaO}$ in einem Falle den Wert 27·9, in einem zweiten 25·6 ergab. Novak hat überdies noch ein weiteres, benachbartes Vorkommen des Farnes studiert, und zwar unterhalb der Mühle Holubov bei Adolfstal. Dort wächst *A. cuneifolium* in den Spalten der massiven Granulitfelsen, aber stets in der Kontaktzone von Granulit und Serpentin, höchstens 5 bis 6 *m* vom Serpentin entfernt, wogegen es in größerer Entfernung davon vollständig fehlt. Aber auch hier werden, wie Novak annimmt, Serpentinteilchen, und zwar durch den Wind, in die Granulitspalten getragen, und sie seien es, welche erst die Existenz des Farnes dort ermöglichen.

Wiederum beruft sich Novak auf das Ergebnis der Analyse der Rhizosphäre des Farnes, welche für $\frac{MgO}{CaO}$ die Werte 27·3 und 40·3 lieferte (Tabelle III). Novak behandelt aber p. 45 auch noch einen einschlägigen, *Asplenium adulterinum* betreffenden Fall. Er fand diesen Farn bei Raškov (Nikles, südöstlich von Grumberg in Mähren) auf einem Substrat, das er als »Micaschistgneis« bezeichnet. (Nach gefälliger Mitteilung von Herrn Universitätsprofessor Dr. F. Heritsch in Graz ist der sogenannte Micaschistgneis ein Glimmerschiefer mit Feldspat, also eine Art Übergang vom Paragneis zum Glimmerschiefer.) Auch hier ergab, nach Novak, ein genaueres Studium der Lokalität, daß Serpentinsplitter zwischen den Spalten des Gesteins sich befanden, und die Analyse der Rhizosphäre des Farnes lieferte auch hier wieder die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$, beziehungsweise die Werte 7 03 und 10·8 (Tabelle III). Novak betrachtet es demnach als eine feststehende Tatsache, daß man in allen angeführten Fällen von Serpentinboden und nicht von Granulit, beziehungsweise Gneisboden sprechen müsse, und es erscheint zunächst, als ob man ihm hierin wirklich Recht geben müßte. Trotzdem glaube ich aber, ihm auch in dieser Hinsicht nicht bedingungslos beipflichten zu müssen. Novak nimmt es ohne weiteres als feststehend und selbstverständlich an, daß in den genannten Fällen das Überwiegen der MgO gegenüber dem CaO in der Erde der Rhizosphäre lediglich auf die Anwesenheit von Serpentinteilchen zurückgehe, welche auf irgendeine Weise (Wasser, Wind) in die Spalten des anderen Gesteins gelangten, oder aber, daß eine Anreicherung dieses Gesteins mit MgO-Lösungen vom Serpentin her erfolgte. Ich will nicht von vornherein in Abrede stellen, daß diese Annahmen möglicherweise zutreffen können. Aber Novak ignoriert ganz augenscheinlich die

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tatsache, daß doch auch der Gneis, beziehungsweise Granulit verwittern (und zwar beide zweifellos schneller als der Serpentin!), und läßt die immerhin bestehende Möglichkeit außer acht, daß schon in ihren Verwitterungsböden die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ sein könnte! Denn die Paragneise weisen nach Rosenbusch (l. c., p. 487) eine derartige Relation sehr häufig (im Gestein) auf, und selbst bei Glimmerschiefern, wo allerdings $\frac{MgO}{CaO}$ in der Regel < 1 ist, kann fallweise diese Relation den Wert > 1 erreichen (Rosenbusch, l. c., p. 513, Nr. 3). Novak selbst nun vertritt ja die Ansicht, daß der Wert der Relation $\frac{MgO}{CaO}$ im Gestein und in seinem Verwitterungsboden mehr oder weniger sich gleich bleibe! Aber selbst wenn $\frac{MgO}{CaO}$ in obigen Gesteinen (Granulit, Micaschistgneis) < 1 ist, ist es nach Analogie des Beispieles vom Wellenkalk, durchaus nicht ausgeschlossen, daß diese Relation sich im Verwitterungsboden in ihr Gegenteil umkehre! Solange Novak nicht den Beweis erbringt, daß in beiden Fällen der Verwitterungsboden, den der serpentinfreie Granulit oder Gneis dortselbst liefert, ebenso wie diese Gesteine selbst die Relation $\frac{MgO}{CaO} < 1$ aufweist, sehe ich keinen zwingenden Grund, die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ in der untersuchten Rhizosphäre der Farne lediglich auf die Anwesenheit von Serpentinteilchen zurückführen zu müssen! Überdies gebe ich noch zu bedenken, daß die durch Wasser oder Wind gelegentlich in die Spalten des anderen Gesteins gebrachten Serpentinteilchen dort doch nur eine sehr wechselnde, nichts weniger als konstante Komponente des Bodens darstellen dürften, daß die anderen Gesteine am Standorte doch quantitativ gegenüber den Serpentinteilchen weitaus überwiegen und daher, wie auch im Hinblick auf ihre viel größere Löslichkeit zur Bildung des Verwitterungsbodens doch mindestens ebensoviel, wenn nicht mehr beitragen dürften als die Serpentinbeimengung, so daß man höchstens von einem aus Gneis, beziehungsweise Granulit und Serpentin gebildeten Mischboden reden kann, aber doch nicht von einem ausgesprochenen Serpentinboden! Oder würde etwa Novak auch den aus dem genannten Wellenkalke hervorgegangenen Verwitterungsboden, bloß, weil in ihm die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ ist, als »Serpentinboden« bezeichnen?

Unaufgeklärt bleibt auch beim Standorte Holubov, warum der Wind, der die Serpentinteilchen mit sich führt, diese nur auf eine Entfernung von 5 bis 6 *m* über den Serpentin hinaus und nicht

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

weiter auf den Granulit befördern soll? Mehr Wahrscheinlichkeit hat die von Novak hinsichtlich des Standortes Zlata Koruna gemachte Annahme der Durchtränkung des Gesteins mit MgO-reichen Lösungen vom Serpentin her. Aber auch da ist zu bedenken, daß, abgesehen von der schwierigen Löslichkeit des Serpentins, die Zusammensetzung solcher Lösungen sich auf dem Wege vom Serpentin zu dem anderen Gestein doch wesentlich ändern kann.

Was das Fehlen von Serpentinpflanzen auf Böden von Karbonaten, wie Dolomit, Ankerit, Siderit, die doch alle, wie ich (L II, p. 35) betonte, beträchtliche Mengen von MgO enthalten, betrifft, so glaubt Novak (p. 62/63), den Grund hiefür lediglich darin zu erblicken, daß eben auch in diesen Böden, im Gegensatz zum Magnesitboden, die Relation $\frac{MgO}{CaO} < 1$ sei und daher der Mg-Ionen hier von den Ca-Ionen (im Gegensatz zum Serpentin-, beziehungsweise Magnesitboden) balanciert werden. Ich bemerke dazu nur, daß nach Rosenbusch, p. 435, Nr. 1, auch ein Siderit von Siegen im Gestein die Relation $\frac{MgO}{CaO} = 1 \cdot 6$ ergibt und Novak den strikten Beweis dafür, daß in den oben genannten Böden $\frac{MgO}{CaO} < 1$ sei, durchaus schuldig bleibt, da er mit Ausnahme eines dolomitischen Kalkbodens (Tabelle III) solche Böden überhaupt nicht analysiert, beziehungsweise ausgewiesen hat. (Speziell gilt dies auch für den Magnesitboden!)

Schwer verständlich ist es auch, warum nach Novak die epilithische Vegetation des Serpentins deshalb keine Serpentinomorphosen hervorbringen solle, weil sie eben mit dem Verwitterungsboden nicht in Berührung komme, in welchem eben $\frac{MgO}{CaO} > 1$ ist, während Novak anderseits auf das Vorhandensein eben dieser Relation auch im Gestein großes Gewicht legt! Die Entstehung der Serpentinpflanzen stellt sich Novak in einem konkreten Falle so vor (p. 51), daß eine Grundform sich im Laufe der Evolution in zwei parallele Typen gespalten hat, welche heute vollständig fixiert sind und zwei besondere Arten darstellen, z. B. *Asplenium adulterinum* und *A. viride*, von denen eine Art *(A. adulterinum)* an einen Boden mit der Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ (Serpentin, Magnesit) gebunden ist, die andere *(A. viride)* aber diesem Substrat ausweicht und einen Boden mit der Relation $\frac{MgO}{CaO} < 1$ (z. B. Dolomitkalk usw.) vorzieht. Doch könne sich diese zweite Art ausnahmsweise, unter gewissen Bedingungen zur gleichen Zeit auch auf einem Boden mit $\frac{MgO}{CaO} > 1$

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wienl; download unter www.biologiezentrum.at

vorfinden, ohne aber die Form der dort wachsenden Art anzunehmen. Wäre aber ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen MgO und CaO im Boden, beziehungsweise die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$, beziehungsweise $\frac{MgO}{CaO} < 1$ dortselbst die maßgebende Ursache der erwähnten Spaltung in zwei Typen, dann dürfte man wohl mit Recht erwarten, daß sich die beiden Arten, *Asplenium adulterinum,* beziehungsweise *A. viride,* auf diesen verschiedenen Substraten gegenseitig vertreten, beziehungsweise strenge ausschließen müßten, was aber, wie Novak selbst zugeben muß, nicht der Fall ist. Die Anerkennung dieser — unerklärten — Ausnahme bedeutet aber schon an und für sich eine abermalige Durchlöcherung der Novak'schen Theorie.

Bezüglich der von Novak in seiner Arbeit mehrfach gegen mich erhobenen Vorwürfe will ich mich kurz fassen, da sie ja zum großen Teile schon mit den bisherigen Ausführungen widerlegt sind. Es ist unrichtig, wenn Novak p. 42 von mir behauptet, ich negiere die Existenz serpentinsteter Pflanzen völlig. Ich habe lediglich (L II, 68) die Behauptung aufgestellt, daß es wahrscheinlich überhaupt keine streng serpentinsteten Pflanzen gebe. Und dieser Schluß war damals auf Grund meiner eigenen Beobachtungen sowie der mir vorliegenden Literaturangaben (der Standort des *Asplenium cuneifolium* z. B. auf Granulit bei Adolfstal war bis dahin noch von niemandem in Zweifel gezogen worden) vollauf berechtigt. Er ist es in dem Sinne, daß, wenn auch z. B. *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* wirklich nur auf Serpentin und Magnesit vorkommen sollten, man von einer strengen Serpentinstetigkeit beider nicht gut reden kann, noch heute! Auch habe ich (vgl. L II, 31) eine lokale Serpentinstetigkeit mancher Blütenpflanzen durchaus nicht in Abrede gestellt. Novak bemängelt ferner (p. 62), daß ich nicht genügend logisch vorgehe, indem ich einerseits die Existenz der Kalkpflanzen verteidige, anderseits konsequent die Möglichkeit der Serpentinomorphosen leugne. Novak mißversteht mich in dieser Hinsicht völlig. Damit, daß ich die Ausdrücke Kalkpflanzen oder Kieselpflanzen gebrauche, trete ich doch nicht im geringsten für die rein chemische Bedingtheit derselben ein, die ich vielmehr für sie ebenso wie für die »Serpentinpflanzen« von vornherein glatt ablehne! Ebenso unrichtig interpretiert mich Novak, wenn er p. 58 behauptet, ich hätte statt der Bezeichnung Serpentinpflanzen die Bezeichnung »Magnesiapflanzen« vorgeschlagen. Ich habe, wie die Überschrift am Kopfe der Seite 32 (L II) klar erkennen läßt, lediglich die Frage aufgeworfen, ob man die Serpentinpflanzen als Magnesiapflanzen bezeichnen könne, dies aber nach eingehender Prüfung abgelehnt (p. 36), solange sich damit der Begriff der ausschließlichen Bedingtheit durch eine große MgO-Menge im Boden verbinde.

Zweifellos hat Novak in seiner Arbeit viel wertvolles Material für das Verständnis der Ökologie der Serpentinflora und Serpentinpflanzen zusammengetragen. Es wäre nur sehr zu begrüßen, wenn

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

er einerseits in der Richtung der Analysen von Serpentinböden, wie er es p. 65 in Aussicht stellt, weiter fortfahren würde, anderseits, wie er p. 42 ankündigt, in der Richtung der seit Sadebeck nicht wieder aufgenommenen Kulturversuche. Keinesfalls aber bedeuten die Ergebnisse seiner vorliegenden Arbeit schon die Lösung des Serpentinpflanzenproblems schlechtweg. Denn dadurch, daß er der chemischen Konstitution des Bodens für die Bedingtheit der Serpentinpflanzen weitaus die überragende Rolle zuweist, während er allen anderen Faktoren, wie der physikalischen Eigenschaft des Bodens, den klimatischen und historischen Faktoren, nur eine sekundäre Bedeutung beimißt (p. 65), ganz besonders aber dadurch, daß er die rein chemische Bedingtheit der Serpentinpflanzen geradezu auf eine Formel, die Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$, zu bringen sucht, verfällt er in die von Benecke (l. c., p. 167) so sehr mit Recht getadelte unfruchtbare Versuchung, bei pflanzengeographischen Problemen stets nur nach einer Ursache statt nach den Ursachen zu suchen, was den Tatbestand nur verdunkelt und die endgültige Lösung des Problems noch weit hinausschiebt. Denn selbst vorausgesetzt, daß die erwähnte Relation $\frac{MgO}{CaO} > 1$ wirklich für alle Böden, auf denen Serpentinpflanzen wachsen (und nur für diese) zutrifft, kann ihr doch niemals mehr als die Rolle einer Teilbedingung innerhalb des Komplexes der edaphischen Bedingungen zugebilligt werden.

II. Studien an der Vegetation über Magnesit und Serpentin bei Kraubath (alter Steinbruch in der Gulsen, Dürenberg, Wintergraben).

Ich habe in meiner letzten Abhandlung (L III, p. 82) der Verwunderung Ausdruck gegeben, daß die beiden »Serpentinfarne« *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* bisher noch nie auf solchem Magnesit aufgefunden worden sind, der mit Serpentin in direktem Kontakt steht. Gleichzeitig gab ich der Erwartung Ausdruck, daß vielleicht gerade ein näheres Studium der Serpentin- und Magnesitlagerstätte von Kraubath, doch in dieser Hinsicht ein positives Resultat ergeben würde, um so mehr, als ebendort Nevole schon vor längerer Zeit auch das *Sempervivum Pittonii* sowie *Sempervivum hirtum* und *S. hirtum* β *Hillebrandtii* (Schott) Hay auf beiden Gesteinen, beziehungsweise auch auf Magnesit gefunden hatte. Nach Hatle E. (Die Minerale des Herzogtums Steiermark, Graz 1885, p. 95) tritt Magnesit bei Kraubath besonders im nördlichen Teile des Serpentinstockes in rindenförmigen Überzügen und unregelmäßig gestalteten Partien oder den Serpentin in Adern und gangartigen, bis über 7 *m* mächtigen Massen durchsetzend auf. Dieser Magnesit enthält dann selbst wieder häufig Serpentinbrocken, die ihrerseits wieder bisweilen von Magnesitäderchen durchzogen

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sind. Es handelt sich also hier, wie daraus hervorgeht, wenigstens lokal um eine ganz außerordentlich weitgehende Durchdringung beider Gesteinsarten, worauf noch später zurückzukommen sein wird. Herr Dr. E. Clar, Assistent an der Lehrkanzel für Geologie der Technischen Hochschule in Graz, der das Kraubather Serpentingebiet kürzlich neu kartiert hat, hatte die Liebenswürdigkeit, mir einige Stellen zu bezeichnen, an denen ich sicher auf mehr oder weniger mächtige Magnesitausbisse stoßen würde. Eine derselben ist ein alter, aufgelassener Steinbruch im Westhange der Gulsen, gegenüber dem Dürenberge, wenig oberhalb der Sohle des Töringgrabens gelegen, der dort, zwischen Gulsen und Dürenberg, zur Mur sich öffnet. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist es derselbe Steinbruch, den auch Nevole in der Fußnote auf p. 65 seiner Arbeit: Flora der Serpentinberge in Steiermark, Acta Societatis Scientiarum Naturalium Moravicae, Tomus III, Fasc. 4, Sign. F 24, Brno 1926, erwähnt. Auch hier verrät, wie so oft in ähnlichen Fällen, ein fast reiner Kiefernbestand schon von weitem die Gegenwart des Serpentingesteines. Der Serpentin weist im Aufschlusse des Steinbruches (wie auch sonst nicht selten in der Gulsen) stellenweise deutliche plattenförmige Absonderung, beziehungsweise Bankung auf, ist dabei steil aufgerichtet und von zahllosen kleineren und größeren weißen Magnesitadern durchzogen, welche in der Dicke weniger Millimeter bis zu einer solchen von mehreren Zentimetern das bräunlichgrüne Serpentingestein durchsetzen.

Oberhalb des Bruches ist der Hang mit dem erwähnten, fast reinen Pinetum bestockt. Den Unterwuchs desselben bestreitet fast ausschließlich *Erica carnea* in ungewöhnlich üppigen, mehrere Dezimeter hohen Exemplaren, die den Boden fast lückenlos überziehen. Es fiel mir auf, daß *Asplenium cuneifolium* in diesem Ericetum stellenweise recht selten ist und ich vermutete sofort, daß, abgesehen von der Konkurrenz der *Erica* an und für sich, der Grund hiefür in den Beleuchtungsverhältnissen innerhalb des Ericetums zu suchen sein dürfte. In der Tat hat zwar das auf den Grund des Pinetums gelangende Oberlicht in der Höhe der Kronen der *Erica*-Sträucher noch eine erhebliche Stärke, die sich zwischen den Werten $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{10}$, seltener $\frac{1}{13}$ des Gesamtlichtes bewegt, aber innerhalb des Gezweiges der *Erica carnea* erfährt dieses Oberlicht stellenweise eine beträchtliche Abschwächung und kann am Grunde des Ericetums, also am eigentlichen Waldboden, bis auf $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{18}$ ja sogar auf $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{22}$ absinken![1] Es ist daher klar, daß für das relativ lichtbedürftige *Asplenium cuneifolium* hier kein optimaler Standort vorliegt. Immerhin hilft sich der Farn dort, wo er trotzdem innerhalb dieses Ericetums

[1] *Erica carnea* geht demnach hier noch etwas unter den von mir bis dahin ermittelten Wert seines Lichtgenußminimums, $L = \frac{1}{20}$ (vgl. L II, p. 54), herab!

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

auftritt, damit, daß er ungewöhnlich verlängerte Wedelstiele ausbildet, deren Länge bezeichnenderweise fast genau der durchschnittlichen Höhe der *Erica*-Sträucher entspricht, so daß die Spreite mit den assimilierenden Fiedern dann ungefähr in die Höhe der Krone des Ericetums zu liegen kommt. Es steht dies in schönster Übereinstimmung mit der von mir schon früher festgestellten Tatsache, daß das Lichtgenußminimum dieses Farnes bei etwa $\frac{1}{20}$ des Gesamtlichtes gelegen ist. Dort, wo *Asplenium cuneifolium* an lichteren Stellen des Pinetums, beziehungsweise Ericetums oder ganz isoliert auftritt, erlangen seine Wedelstiele bei etwa $L = \frac{1}{9}$ kaum die Hälfte des Wertes, den sie innerhalb des dichtgeschlossenen Ericetums aufweisen! Der Untergrund, auf dem dieses Ericetum über Humus stockt, ist teils reiner Serpentin, teils solcher, der von Magnesit mehr oder weniger stark durchzogen ist. Man kann also wohl im allgemeinen hier nur von einem Mischboden, aus den Verwitterungsprodukten beider Gesteine gebildet, sprechen und es läßt sich hier schwer feststellen, welches von beiden Gesteinen etwa das bevorzugtere Substrat speziell hinsichtlich der »Serpentinfarne« und höherer »Serpentinpflanzen« sei. In dieser Hinsicht kann man von dem Aufschlusse des Steinbruches, in welchem das Gestein, sowohl Serpentin als Magnesit entweder von der Humusschichte völlig entblößt ist oder sie doch nur in einer ganz geringen Mächtigkeit aufweist, eher eine Aufklärung erwarten. Am oberen Rande des Bruches, wo die Humusdecke schon recht gering ist und häufiger das Serpentingestein sowie die Ausbisse der Magnesitadern zutage treten, ist die Flora naturgemäß weit artenreicher als im Innern des lichtärmeren Pinetums. Hier findet sich vor allem reichlich — über Serpentin — *Asplenium cuneifolium* und mit ihm eine ganze Reihe anderer Pflanzen wie *Nephrodium Robertianum, Asplenium viride, A. Ruta muraria, Festuca glauca, Sesleria varia, Allium montanum, Alyssum montanum b Preißmanni* (Hay) Baumg., *Dianthus Carthusianorum, D. Carthusianorum* var. *capillifrons* Borbas, *Silene Otites, Potentilla arenaria, Sempervivum Pittonii, S. hirtum, S. hirtum* β *Hillebrandtii, Helianthemum obscurum, Polygala amara, Teucrium chamaedrys, Veronica spicata, Seseli austriacum, Scabiosa ochroleuca.* Ein Teil derselben geht unzweifelhaft auch auf die Magnesitausbisse über, so konnte ich dies u. a. für *Nephrodium Robertianum, Asplenium Ruta muraria, Potentilla arenaria* sowie die drei genannten *Semperviva* feststellen.

Bei der geringen Mächtigkeit der Magnesitausbisse daselbst ist es aber leicht möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß ein Teil der Wurzeln der genannten Pflanzen von der Magnesitunterlage weg auch auf das benachbarte Serpentinsubstrat übergreift. Niemals aber konnte ich hier *Asplenium cuneifolium* auf den Magnesit übergehen sehen, auch wenn es in der Nähe desselben auf Serpentin wuchs. Da es gerade in diesem Falle sehr wünschenswert erschien, den

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

pH-Wert einerseits des Serpentin-, anderseits des Magnesitbodens kennen zu lernen, sammelte ich hier an einer Stelle, wo *Asplenium cuneifolium* über möglichst homogen, d. h. annähernd magnesitfrei erscheinendem Serpentin wuchs, die seiner Rhizosphäre entstammende Erde, welche bei der späteren Bestimmung den *pH*-Wert = 7·6 bis 7·7 ergab.[1] Die analoge Bestimmung des *pH*-Wertes des Magnesitbodens nahm ich absichtlich hier nicht vor, da mir einerseits der Magnesit hier zu wenig rein (von Serpentinbeimengungen) erschien und anderseits eben *Asplenium cuneifolium* auf ihm nicht wuchs. Ich wendete nun meine ganze Aufmerksamkeit dem eigentlichen Bruche zu, in dessen Gebiet ich den Farn auf Magnesit vielleicht doch noch anzutreffen hoffte. Tatsächlich glückte mir dies an zwei Stellen unter ganz gleichen Verhältnissen. Schon Hatle (l. c. p. 95) bemerkt, daß das Streichen des Magnesits hier zuweilen auf recht bedeutende Strecken anhält. Man trifft nun hier häufig Magnesitadern, die durch Ausbrechen der sie begleitenden Serpentinbänke beiderseitig oder einseitig auf größere Strecken hin freigelegt sind.

Es ist dies dadurch möglich, daß der Magnesit der Gulsen, wie schon Hatle (l. c. p. 95) bemerkt, meist eine bedeutende Härte (bis 6) besitzt, dann also härter als Serpentin ($H = 3—4$) ist und der mechanischen Verwitterung weniger widersteht wie dieser. Auf der freigelegten Ostflanke nun einer solchen, Nord-Süd streichenden, West-Ost fallenden, 4 *cm* dicken Magnesitader traf ich über mäßiger Humusauflagerung *Asplenium cuneifolium* in einem Exemplare an. Der Magnesit der Ader war hier von Serpentinbeimengungen völlig frei, die Rhizosphäre des Farnes gehörte durchaus nur dem Verwitterungsboden des Magnesits an und eignete sich daher besonders zur Vornahme der Bestimmung des *pH*-Wertes desselben, welche den Wert $pH = 8·7$ bis $8·8$ ergab. Leider mußte zu diesem Zwecke allerdings auch dieses Exemplar der Pflanze geopfert, beziehungsweise vom Standorte entfernt werden. Wie schon erwähnt, konnte ich aber den Farn noch einer zweiten Stelle unter analogen Verhältnissen beobachten. Ich möchte dazu noch bemerken, daß in beiden Fällen der Farn die einzige Vegetation überhaupt bildete und es sich beide Male um — durch überhängenden Serpentin — besonders geschützte, beziehungsweise konkurrenzfreie Standorte handelte.

Jedenfalls gewinnt man den Eindruck, daß speziell *Asplenium cuneifolium* hier nur ganz ausnahmsweise — unter bestimmten Bedingungen — vom Serpentin auf den Magnesit übertritt, während der Farn z. B. am Sattlerkogel der Veitsch, wo Serpentin überhaupt fehlt, auf Magnesit recht häufig ist. Inwieweit dies vielleicht mit besonderen Eigenschaften des Kraubather Magnesits zusammenhängt, wird späterhin dargelegt werden.

[1] Dieser, sowie auch die im folgenden auf p. 845 und 846 für Serpentin-, beziehungsweise Magnesitboden angegebenen *pH*-Werte wurden von meinem Sohne Ludwig, Cand. chem. an der Technischen Hochschule in Graz, ermittelt.

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

auftritt, damit, daß er ungewöhnlich verlängerte Wedelstiele ausbildet, deren Länge bezeichnenderweise fast genau der durchschnittlichen Höhe der *Erica*-Sträucher entspricht, so daß die Spreite mit den assimilierenden Fiedern dann ungefähr in die Höhe der Krone des Ericetums zu liegen kommt. Es steht dies in schönster Übereinstimmung mit der von mir schon früher festgestellten Tatsache, daß das Lichtgenußminimum dieses Farnes bei etwa $\frac{1}{20}$ des Gesamtlichtes gelegen ist. Dort, wo *Asplenium cuneifolium* an lichteren Stellen des Pinetums, beziehungsweise Ericetums oder ganz isoliert auftritt, erlangen seine Wedelstiele bei etwa $L = \frac{1}{9}$ kaum die Hälfte des Wertes, den sie innerhalb des dichtgeschlossenen Ericetums aufweisen! Der Untergrund, auf dem dieses Ericetum über Humus stockt, ist teils reiner Serpentin, teils solcher, der von Magnesit mehr oder weniger stark durchzogen ist. Man kann also wohl im allgemeinen hier nur von einem Mischboden, aus den Verwitterungsprodukten beider Gesteine gebildet, sprechen und es läßt sich hier schwer feststellen, welches von beiden Gesteinen etwa das bevorzugtere Substrat speziell hinsichtlich der »Serpentinfarne« und höherer »Serpentinpflanzen« sei. In dieser Hinsicht kann man von dem Aufschlusse des Steinbruches, in welchem das Gestein, sowohl Serpentin als Magnesit entweder von der Humusschichte völlig entblößt ist oder sie doch nur in einer ganz geringen Mächtigkeit aufweist, eher eine Aufklärung erwarten. Am oberen Rande des Bruches, wo die Humusdecke schon recht gering ist und häufiger das Serpentingestein sowie die Ausbisse der Magnesitadern zutage treten, ist die Flora naturgemäß weit artenreicher als im Innern des lichtärmeren Pinetums. Hier findet sich vor allem reichlich — über Serpentin — *Asplenium cuneifolium* und mit ihm eine ganze Reihe anderer Pflanzen wie *Nephrodium Robertianum, Asplenium viride, A. Ruta muraria, Festuca glauca, Sesleria varia, Allium montanum, Alyssum montanum b Preißmanni* (Hay) Baumg., *Dianthus Carthusianorum, D. Carthusianorum* var. *capillifrons* Borbas, *Silene Otites, Potentilla arenaria, Sempervivum Pittonii, S. hirtum, S. hirtum* β *Hillebrandtii, Helianthemum obscurum, Polygala amara, Teucrium chamaedrys, Veronica spicata, Seseli austriacum, Scabiosa ochroleuca.* Ein Teil derselben geht unzweifelhaft auch auf die Magnesitausbisse über, so konnte ich dies u. a. für *Nephrodium Robertianum, Asplenium Ruta muraria, Potentilla arenaria* sowie die drei genannten *Semperviva* feststellen.

Bei der geringen Mächtigkeit der Magnesitausbisse daselbst ist es aber leicht möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß ein Teil der Wurzeln der genannten Pflanzen von der Magnesitunterlage weg auch auf das benachbarte Serpentinsubstrat übergreift. Niemals aber konnte ich hier *Asplenium cuneifolium* auf den Magnesit übergehen sehen, auch wenn es in der Nähe desselben auf Serpentin wuchs. Da es gerade in diesem Falle sehr wünschenswert erschien, den

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

pH-Wert einerseits des Serpentin-, anderseits des Magnesitbodens kennen zu lernen, sammelte ich hier an einer Stelle, wo *Asplenium cuneifolium* über möglichst homogen, d. h. annähernd magnesitfrei erscheinendem Serpentin wuchs, die seiner Rhizosphäre entstammende Erde, welche bei der späteren Bestimmung den *pH*-Wert = 7·6 bis 7·7 ergab.[1] Die analoge Bestimmung des *pH*-Wertes des Magnesitbodens nahm ich absichtlich hier nicht vor, da mir einerseits der Magnesit hier zu wenig rein (von Serpentinbeimengungen) erschien und anderseits eben *Asplenium cuneifolium* auf ihm nicht wuchs. Ich wendete nun meine ganze Aufmerksamkeit dem eigentlichen Bruche zu, in dessen Gebiet ich den Farn auf Magnesit vielleicht doch noch anzutreffen hoffte. Tatsächlich glückte mir dies an zwei Stellen unter ganz gleichen Verhältnissen. Schon Hatle (l. c. p. 95) bemerkt, daß das Streichen des Magnesits hier zuweilen auf recht bedeutende Strecken anhält. Man trifft nun hier häufig Magnesitadern, die durch Ausbrechen der sie begleitenden Serpentinbänke beiderseitig oder einseitig auf größere Strecken hin freigelegt sind.

Es ist dies dadurch möglich, daß der Magnesit der Gulsen, wie schon Hatle (l. c. p. 95) bemerkt, meist eine bedeutende Härte (bis 6) besitzt, dann also härter als Serpentin ($H = 3—4$) ist und der mechanischen Verwitterung weniger widersteht wie dieser. Auf der freigelegten Ostflanke nun einer solchen, Nord-Süd streichenden, West-Ost fallenden, 4 *cm* dicken Magnesitader traf ich über mäßiger Humusauflagerung *Asplenium cuneifolium* in einem Exemplare an. Der Magnesit der Ader war hier von Serpentinbeimengungen völlig frei, die Rhizosphäre des Farnes gehörte durchaus nur dem Verwitterungsboden des Magnesits an und eignete sich daher besonders zur Vornahme der Bestimmung des *pH*-Wertes desselben, welche den Wert $pH = 8·7$ bis $8·8$ ergab. Leider mußte zu diesem Zwecke allerdings auch dieses Exemplar der Pflanze geopfert, beziehungsweise vom Standorte entfernt werden. Wie schon erwähnt, konnte ich aber den Farn noch einer zweiten Stelle unter analogen Verhältnissen beobachten. Ich möchte dazu noch bemerken, daß in beiden Fällen der Farn die einzige Vegetation überhaupt bildete und es sich beide Male um — durch überhängenden Serpentin — besonders geschützte, beziehungsweise konkurrenzfreie Standorte handelte.

Jedenfalls gewinnt man den Eindruck, daß speziell *Asplenium cuneifolium* hier nur ganz ausnahmsweise — unter bestimmten Bedingungen — vom Serpentin auf den Magnesit übertritt, während der Farn z. B. am Sattlerkogel der Veitsch, wo Serpentin überhaupt fehlt, auf Magnesit recht häufig ist. Inwieweit dies vielleicht mit besonderen Eigenschaften des Kraubather Magnesits zusammenhängt, wird späterhin dargelegt werden.

[1] Dieser, sowie auch die im folgenden auf p. 845 und 846 für Serpentin-, beziehungsweise Magnesitboden angegebenen *pH*-Werte wurden von meinem Sohne Ludwig, Cand. chem. an der Technischen Hochschule in Graz, ermittelt.

© Verlag Akademie der Wissenschaften; download unter www.biologiezentrum.at

Mein zweiter Besuch — nach der Gulsen — galt dem ihr gegenüber im Westen sich erhebenden Dürenberge (818 *m*), der ebenfalls aus Serpentin besteht, in welchem früher auf Magnesit geschürft wurde. Wenig oberhalb des alten Steinbruches in der Gulsen sieht man schon von der Sohle des Töringgrabens aus die noch gut erkenntliche Trasse des alten Bremsberges im Osthange des Dürenberges. Drei Horizonte führen zu den verlassenen, meist gänzlich verbrochenen Stollen des Magnesitbaues. Im untersten Hangdrittel gewahrt man nur anstehenden Serpentin, der hier, wenigstens an der Oberfläche, keine Magnesitadern, beziehungsweise Magnesitausbisse aufweist. Der Hang ist mit Kiefern schütter bestockt. Den Boden bedecken hier gemischte Bestände von *Erica carnea* und *Calluna vulgaris*, wobei erstere ersichtlich dominiert. Auch sind diese Bestände viel lockerer, beziehungsweise lichter als jene auf dem gegenüberliegenden Westhange der Gulsen, so daß in und zwischen ihnen *Asplenium cuneifolium* recht häufig, — ohne irgend eine wesentliche Verlängerung seiner Wedelstiele — anzutreffen ist. Außerdem sind noch häufig: *Pteridium aquilinum, Festuca glauca, Alyssum montanum b Preißmanni, Silene nutans, S. Otites, Potentilla arenaria, Galium verum, Vicia Cracca, Polygala amara, Melampyrum silvaticum, Teucrium Chamaedrys* u. a., von Flechten besonders *Cladonia rangiferina*. Im Zuge der erwähnten drei Horizonte ist das Terrain stellenweise noch recht gut aufgeschlossen. Man kann dort erkennen, wie die eigentliche Magnesitbildung hier erst in einer Tiefe von durchschnittlich 0·3 bis 0·5 *m* unter der Oberfläche einsetzt. Große, unregelmäßig gestaltete, weiße Magnesitblöcke sind von einer leuchtend rostroten, der Verwitterung des Serpentins entstammenden Erdschichte überlagert, beziehungsweise in sie eingebettet. Eine den oberflächlichen Bodenschichten entnommene Probe ergab in einem Falle, wo der Magnesit in 0·5 *m* Tiefe begann, einen *pH*-Wert von 7·49, in einem anderen, wo die Magnesitbildung schon in 0·3 *m* Tiefe einsetzte, einen solchen von 7·6 bis 7·7 Beide Male wurzelte in diesem Boden, der wohl analog wie jener in der Gulsen als ein Mischboden aus Serpentin und Magnesit zu bezeichnen ist, u. a. auch *Asplenium cuneifolium*. Die oberste der drei Etagen führt zu einer Stelle, wo Magnesitstein in größerer Menge direkt an der Oberfläche ansteht und scheinbar früher auch im Tagbaue gebrochen wurde. Ich war nun sehr gespannt, wie sich *Asplenium cuneifolium* hier verhalten würde und verfolgte sein Auftreten bis dorthin auf das genaueste. Aber schon in einer Entfernung von 50 Schritten vor dem Magnesitaufbruche machte der Farn auf Serpentin halt und war im ganzen Gebiete des Magnesits auch nicht an einer einzigen Stelle anzutreffen. Auch *Cladonia rangiferina, Calluna vulgaris* und *Pteridium aquilinum* sah ich, wenigstens bei spärlicher Humusauflagerung, auf dem Magnesite nicht. Häufig ist auf ihm dagegen *Nephrodium Robertianum, Calamagrostis arundinacea, Anthericum ramosum, Lotus corniculatus, Genista sagittalis, Vicia Cracca, Silene nutans,*

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Rubus Idaeus, Fragaria vesca, Erica carnea, Polygala amara, Teucrium Chamaedrys, Centaurea scabiosa, vereinzelt trifft man auch *Thalictrum minus, Campanula rotundifolia, Lactuca muralis* über starker Humusauflagerung auch *Melampyrum silvaticum, Calluna vulgaris, Vaccinium Myrtillus* und *V Vitis Idaea.* Von Moosen bildet *Schistidium apocarpum (L.) Br. eur. = Grimmia apocarpa (L.) Hedw.* in der Form *F. pilifera de Not* an sonnigen Plätzen stellenweise Massenvegetation. Auf Magnesithalden sind *Chamaenerion angustifolium, Sambucus nigra, Achillea Millefolium, Tussilago Farfara* und, sofern sie schon mehr verfestigt und bewachsen sind, auch *Pinus silvestris, Picea excelsa* und *Larix decidua* angesiedelt. Im großen und ganzen macht die Flora der Magnesitenklave zwar einen artenreicheren Eindruck als jene der angrenzenden Serpentingebiete, entbehrt aber dabei gleichwohl gewisser Typen, welche sonst für Magnesit sehr charakteristisch zu sein pflegen, z. B. des *Asplenium viride* und der *Moehringia muscosa.* Gulsen und Dürenberg gehören dem am linken Murufer sich erstreckenden Teile des Serpentinstockes von Kraubath an. Aber auch am rechten Ufer der Mur, gegenüber von Kraubath, liegt ein weitausgedehntes Serpentin-, beziehungsweise Dunitgebiet, in welchem vor vielen Jahren ein Bau auf Chromeisenstein umging, während jetzt daselbst, wie am linken Ufer, auf Magnesit geschürft wird. Mein Besuch galt in erster Linie diesen Stellen, da die Serpentinflora dieser Gegend ja ebenso wie jene von Kraubath längst den Botanikern bekannt ist. Man erreicht das Gebiet am raschesten von Kraubath aus, indem man die von der Kraubather Magnesitgewerkschaft erbaute Brücke über die Mur benützt, dann stromaufwärts bis zum Verwalterhause (wo früher das Chromwerk stand) geht. Dort biegt man in den Graben ein, der sich später in den sogenannten Sommer- beziehungsweise Wintergraben (der Spezialkarte) gabelt. Die Flora im Anfangsteile des Grabens, welche auf Schiefern und Gneisen stockt, bietet, wie schon Nevole (l. c. p. 66) hervorhebt, nichts Bemerkenswertes. Erwähnenswert wäre aber immerhin, daß hier am Grunde eines vorwiegend von Kiefer und Fichte gebildeten Waldes auch schon *Armeria elongata* auftritt (vgl. auch Nevole, l. c., von der Hayek in seiner Pflanzengeographie der Steiermark, 1923, p. 28, irrigerweise behauptet, daß sie in Steiermark nur auf Serpentin bei Kraubath vorkomme. (Vgl. diesbezüglich auch LII, p. 30!) In ihrer Begleitung finden sich u. a. auch *Jasione montana* sowie Mischbestände von *Erica carnea* und *Calluna vulgaris.* Schon vor der Verzweigung in den Sommer- und Wintergraben erscheint am rechten Ufer des Baches Serpentin, (beziehungsweise Dunit) und auf ihm sofort *Asplenium cuneifolium.* Doch geht der Farn, der nach meinen Beobachtungen auch sonst ausgesprochen feuchte oder gar dauernd benetzte Standorte durchaus meidet, hier nicht bis zum Bachbette herab. Ich betone dies deshalb, weil Nevole in seiner mehrfach zitierten Arbeit p. 65 in einer Fußnote anführt, daß eine kleine Quelle bei Feistritz nächst der Gulsen *Asplenium cuneifolium*

© Verlag Akademie der Wissenschaften; download unter www.biologiezentrum.at

enthalte, was mir als ganz sonderbar erschien. In der Tat schrieb mir Nevole auf eine diesbezügliche Anfrage, daß er den Farn an der genannten Stelle nur in Spalten von Serpentin (teilweise auch Urgestein) um eine Quelle gefunden habe und sich nicht mehr erinnern könne, ob diese Spalten feucht oder trocken waren. An der Vereinigungsstelle der beiden Gräben angelangt, wandte ich mich dem längeren derselben, der auf der Karte als Wintergraben bezeichnet ist und zwischen dem Windberge (895 *m*) und dem mit Kote 891 *m* bezeichneten Höhenzuge verläuft, zu. Im Zuge desselben erblickt man bald an beiden Talflanken helle, ausgedehntere Aufschlüsse von Magnesit, die sämtlich bergmännisch ausgebeutet werden. Die größten derselben befinden sich am rechten Bachufer, im obersten Drittel des Hanges, zwischen 700 bis 800 *m* Seehöhe. Zahlreiche Stollen durchziehen hier den Berg, dessen Hänge mit einem reinen, auf Serpentin stockenden Pinetum locker bewachsen sind. Vor einem dieser Stollen, in Südwestexposition, bei 770 *m* Höhenlage, notierte ich auf dem Serpentin der Umgebung (Magnesit trat erst im Stollen zutage): *Asplenium cuneifolium, A. trichomanes, A. viride, Cladonia rangiferina, Festuca glauca, Potentilla arenaria, Silene nutans, Armeria elongata, Teucrium Chamaedrys, Erica carnea, Seseli austriacum, Campanula rotundifolia, Asperula cynanchica, Carduus glaucus Baumg.* Boden, Seitenwände und Decke des — noch befahrenen — Stollens entbehrten, von Algenanflügen abgesehen, schon in seinem vordersten Teile völlig jeglicher grünen Vegetation. Mehrere Meter seitwärts des genannten Stollenmundloches, wo ein Magnesitblock zutage trat, wuchsen auf demselben bloß *Silene nutans, Dianthus Carthusianorum* und *Erica carnea.* Und so oft ich auch noch an anderen Magnesitausbissen vorüberkam, nirgends war auf denselben *Asplenium cuneifolium* zu entdecken, wenn es auch in der Umgebung — auf Serpentin — noch so häufig war. Besonderes Interesse bot, eine Etage höher, einer der zahlreichen, zum Teil schon verbrochenen Stollen, der noch bis zu zirka 6 *m* einwärts gangbar war.

Vor seinem in 800 *m* Höhe nach Westen sich öffnenden Mundloche wuchsen auf Serpentin u. a.: *Trentepohlia aurea, Fegatella conica, Cratoneurum filicinum (L) Roth ex pte) Moenkem = Hypnum filicinum L = Amblystegium filicinum de Not* [vgl. Rabenhorst, Kryptogamenflora, IV. Bd., 1927, p. 708/9]. *Selaginella helvetica, Asplenium viride, A. cuneifolium, Nephrodium Robertianum, Campanula rotundifolia, Lactuca muralis, Tussilago Farfara,* bei Lichtstärken zwischen $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ (1^h *p. m.*, 5/8 1928). Bis zu einer Entfernung von 1 *m* einwärts gingen in der Sohle des Stollens noch alle drei genannten Blütenpflanzen sowie *Selaginella helvetica* und *Fegatella conica,* an den Seitenwänden *Trentepohlia aurea* und *Asplenium viride.* Die Lichtintensität betrug am Boden in 1 *m* Entfernung vom Eingange $\frac{1}{16}$ des Gesamtlichtes, an der Seitenwand

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(rechts) nur mehr $\frac{1}{20}$. In 3 *m* Entfernung vom Mundloche wuchsen am Boden noch einige nicht blühende Exemplare der *Lactuca muralis* sowie Rasen der *Fegatella conica* bei $L = \frac{1}{38}$, an der Seitenwand noch *Asplenium viride* in einer sterilen Jugendform bei $L = \frac{1}{45}$; in 5 *m* Tiefe endlich zeigte sich am Boden nur mehr *Fegatella conica* mit aufgerichteten, dem Vorderlichte zugewendeten Thalluslappen sowie eine Schattenform von *Cratoneurum filicinum*, die von Nevole, dem ich sie einsandte, als *Cratoneurum filicinum forma lucifuga* bezeichnet wurde, bei $L = \frac{1}{78}$. Boden und Wände des Stollens waren stellenweise sehr feucht und diesem Umstande sowie der bald einsetzenden starken Lichtabschwächung schreibe ich es auch zu, daß *Asplenium cuneifolium* in denselben nicht eintrat. Auch die Begehung einiger anderer, teils noch befahrener, teils aufgelassener Stollen daselbst hatte in dieser Hinsicht stets das gleiche, negative Ergebnis. (In allen Fällen verlief der vorgetriebene Stollen in seinem Anfangsteile in Serpentingestein, das nur von schmalen Magnesitadern, beziehungsweise Schnüren durchzogen war.) Einen Übertritt des *Asplenium cuneifolium* vom Serpentingebiete dieser Talseite auf die eingangs erwähnten Gneise und Schiefer konnte ich nicht mit Sicherheit feststellen. Doch fiel mir auf, daß nahe der Grenze des Serpentins gegen diese Gesteine *Asplenium cuneifolium* noch auf einem Block wuchs, der im allgemeinen zwar durchaus den Eindruck von Serpentin machte, aber stellenweise Nester von glänzendem Kaliglimmer enthielt. Leider gelang es mir nicht, ein Handstück davon zur Untersuchung zu erhalten. Nach diesen Beobachtungen am rechten Ufer des Baches wandte ich mich dem linken Ufer desselben zu und beging speziell einen in etwa 800 *m* Höhe verlaufenden Horizont des dortigen Magnesitbaues. Aber auch dort trat auf den Magnesitausbissen nirgends *Asplenium cuneifolium* auf, das übrigens hier auch dem Serpentin fehlt. Auf den Magnesithalden sind *Pteridium aquilinum, Athyrium filix femina, Nephrodium Robertianum, Asplenium viride* häufig, von Blütenpflanzen sind daselbst *Erica carnea, Rubus Idaeus, Sorbus Aucuparia* und *Carduus glaucus Baumg.* zu nennen. An feuchteren, humusreichen Stellen erscheint über Magnesit auch hier (wie auf der oberen Millstätteralpe) sogar *Alnus viridis*. An aus Magnesit aufgeführten Stützmauern gewahrte ich einige Male *Asplenium Ruta muraria*. Die nach Nordosten gerichteten Hänge dieser Abdachung sind weitaus feuchter als die gegenüberliegenden Südwesthänge des Windberges, was u. a. in der Zusammensetzung des Waldes, der hier kein reines Pinetum ist, sondern sich aus Kiefer, Fichte und Lärche aufbaut, in dem häufigen Auftreten der

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Grünerle sowie in der Massenvegetation, welche *Trentepohlia aurea*, besonders in der Umgebung der Stollenmundlöcher bildet, deutlich zum Ausdrucke kommt. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist lediglich auch diesem Umstande — in Übereinstimmung mit meiner bisherigen diesbezüglichen Erfahrung — das Fehlen von *Asplenium cuneifolium* auf dem Serpentin dieser Lokalität zuzuschreiben.

Diese an der Vegetationsdecke über Serpentin und Magnesit im Kraubather Magnesitstocke an beiden Ufern der Mur angestellten Untersuchungen lassen erkennen, daß die edaphischen Verhältnisse dieses Gebietes ganz eigenartige und besonders komplizierte sind, die in ihrer Gesamtheit, beziehungsweise in ihrer Wirkung auf die Pflanzenwelt bisher keineswegs erschöpfend gewürdigt worden sind. So ist es, wie ich schon an früherer Stelle betont habe, keineswegs angängig, hier von einem Serpentin-Verwitterungsboden schlechtweg zu reden. Vielmehr handelt es sich, speziell in einem Teile der Gulsen, in geringerem Maße aber auch am Dürenberge und im Wintergraben, um einen ausgesprochenen Mischboden, der durch die Verwitterung von Serpentin (beziehungsweise Dunit) und Magnesit entstanden ist. Dieser Mischboden wird sich natürlich auch in bezug auf seine chemischen und physikalischen Eigenschaften intermediär, gegenüber einem reinen Serpentin-, beziehungsweise Magnesitboden verhalten. In chemischer Hinsicht zeigt sich dies u. a. deutlich darin, daß durch die Beimengung von Magnesit, die ja in der Gulsen eine besonders innige ist, dort der pH-Wert des Serpentinbodens weit über jenen Wert, den z. B. Zollitsch für den Serpentin des Stubachtales (im Maximum ist pH dort $7 \cdot 03$), oder den Novak für den Serpentin in Mähren (mit dem Maximum von $pH = 6 \cdot 8$) gefunden hat, erhöht wird, beziehungsweise die Reaktion des Serpentinbodens ganz erheblich nach der alkalischen Seite verschoben wird. Vielleicht geht die ausgesprochen alkalische Reaktion, die Novak an serbischen Serpentinböden gefunden hat, (mit $pH = 7 \cdot 4$ bis $7 \cdot 5$) auch auf eine solche Beimengung von Magnesit zurück. In unserem Falle aber geht sie sogar noch darüber hinaus und erreicht den pH-Wert von $7 \cdot 6$ bis $7 \cdot 7$. Man kann an dieser Tatsache unmöglich achtlos vorübergehen und in ihrem Lichte betrachtet gewinnen gewisse, schwer zu erklärende, floristische Verhältnisse gerade des Kraubather Gebietes neues Interesse. Hayek hat in seiner Pflanzengeographie der Steiermark (p. 18) den Standpunkt vertreten, daß es nicht angängig sei, den auffallend hohen Prozentsatz an Kalkpflanzen bei Kraubath auf den Kalkgehalt des dortigen Serpentinbodens, der ja gar nicht so erheblich ist, zurückzuführen, daß vielmehr die physikalischen Verhältnisse des Bodens im Verein mit der klimatischen Eigenart des Standortes hiefür verantwortlich zu machen sein dürften. Ich habe mich dem Standpunkte Hayek's (vgl. L I, p. 399) seinerzeit vollinhaltlich angeschlossen. Nun hat mittlerweile Hayek aber seine diesbezügliche Meinung geändert, beziehungsweise abgeschwächt, indem er in Allgemeine Pflanzengeographie, Berlin, 1926, p. 37, wörtlich sagt:

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

»Im übrigen ist es merkwürdig, daß der so kalkarme Serpentin eine sonst kalkliebende Flora beherbergt. Ob hier das Magnesium gewissermaßen stellvertretend für den Kalk eintritt oder ob lediglich die physikalischen Eigenschaften eine Rolle spielen, müssen spätere Untersuchungen aufklären.«

Nun, ich meine, die wenn auch knappen Ergebnisse meiner hier niedergelegten Beobachtungen haben unsere Erkenntnis in dieser Hinsicht immerhin ein Stück weitergebracht! Freilich ist es nicht, wie Hayek meint, das Magnesium des Serpentins, beziehungsweise nicht das Magnesiumsilikat desselben, sondern das Magnesiumkarbonat des Magnesits (das allerdings bei der Verwitterung des Serpentins gebildet wird), welches, insofern es die alkalische Reaktion des Bodens auffallend erhöht, denselben möglicherweise für die Besiedlung durch Kalkpflanzen geeigneter macht, als es vermöge des geringen Kalkgehaltes des Serpentins allein der Fall wäre. Ich bin durchaus kein so fanatischer Gegner der chemischen Theorie, wie dies Novak von mir zu glauben scheint, daß ich mich dieser angedeuteten Möglichkeit gänzlich verschließen würde, wenngleich ich natürlich nach wie vor auf dem Standpunkte stehe, daß die Reaktion des Bodens, beziehungsweise der *pH*-Wert derselben nur die Rolle einer Teilbedingung für die Besiedlung derselben durch verschiedene Pflanzen bilde.

Aus meinen Beobachtungen bei Kraubath ergibt sich aber auch noch eine andere, sehr bemerkenswerte Tatsache, und zwar die, daß der Magnesit daselbst, auf welchen *Asplenium cuneifolium* vom Serpentin entweder gar nicht, wie am Dürenberge oder im Wintergraben, oder doch nur höchst selten, wie im alten Steinbruche der Gulsen, übergeht, ganz ersichtlich die Rolle eines für *Asplenium cuneifolium* entweder ganz ungeeigneten oder doch nur in sehr untergeordnetem Maße geeigneten Substrates zu spielen scheint, während eben der genannte Farn auf dem Magnesite des Sattlerkogels der Veitsch durchaus häufig ist, obwohl gerade dort Serpentin gar nicht in der Nähe ist, so daß man bisher glauben durfte, der Magnesit spiele dort einfach die Rolle eines den Serpentin schlechtweg vertretenden Gesteines. Diese Ansicht ist aber nur bedingt richtig und darf nicht für den Magnesit schlechtweg verallgemeinert werden. Man hat bisher in der Pflanzengeographie zu wenig beachtet, daß die Magnesite sich in zwei ihrer Natur nach völlig verschiedene Gruppen teilen, die krystallinen einerseits, die kolloidalen anderseits. Zu ersteren gehören z. B. die steirischen Magnesite von Oberdorf, St. Erhard in der Breitenau, Vorwald bei Wald sowie jene des Sattlerkogels der Veitsch, zu letzterem der Gel-Magnesit von Kraubath. Abgesehen von seinem kolloidalen Zustand unterscheidet sich nun dieser Gel-Magnesit ganz erheblich in seinen sonstigen Eigenschaften von den krystallinen Magnesiten. So ist seine Härte (speziell bei Kraubath), die (durch wechselnde Beimengungen von SiO_2) bis 6 steigen kann (vgl. Hatle, l. c. p. 95), größer als jene der krystallinen Magnesite, welche durchschnittlich

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

nur 4 bis 4·5 beträgt (Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie, 1894, p. 443).

Nach Karsten (vgl. Redlich, Die Typen der Magnesitlagerstätten, Sonderabdruck aus der Zeitschrift für prakt. Geologie 1909, Heft 7, p. 303) ist er auch leichter löslich als jener. Als typisches Gel kann er, wie Redlich (l. c. p. 302) hervorhebt, verschiedene Mengen von Wasser adsorbieren und unterscheidet sich auch hierin von den krystallinen Magnesiten. Möglicherweise ist auch sein Wärmeleitungsvermögen, beziehungsweise seine spezifische Wärme von jener der krystallinen Magnesite abweichend. Was mir aber als besonders der Erwähnung wert erscheint, ist der Umstand, daß nach Lommel (Lehrbuch der Experimentalphysik, Leipzig, 1899, p. 113) Graham gezeigt hat, daß Körper, welche in festem Zustande krystallinisch sind, viel leichter durch poröse Scheidewände diffundieren, als nicht krystallisierende Körper, wie z. B. Kolloide! Gerade mit Rücksicht darauf erscheint mir die Annahme keineswegs von der Hand zu weisen, daß der Aufnahme des $MgCO_3$ durch die Pflanzenwurzeln, wenn es sich um Gel-Magnesit handelt, größere Schwierigkeiten entgegen stehen, als wenn krystalliner Magnesit vorliegt, daß demnach aus diesem und anderen Gründen der Gel-Magnesit (speziell von Kraubath) vielleicht für die Vegetation im allgemeinen, ganz besonders aber für *Asplenium cuneifolium* ein entschieden ungünstigeres Substrat darstelle als die krystallinen Magnesite.

Allerdings könnte man versucht sein, die immerhin bestehenden, wenn auch nicht weitgehenden Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung des Kraubather Magnesits einerseits und des krystallinen Magnesites der Veitsch anderseits für das Vorkommen oder Fehlen von *Asplenium cuneifolium* verantwortlich zu machen. Der Kraubather Gel-Magnesit hat 48·1% MgO, kein CaO und kein FeO, jener vom Sattlerkogel der Veitsch (vgl. L III, p. 71, Mittel aus Nr. 9 und 10), 42·60% MgO, 1·83% CaO, 3·40% FeO. Demgegenüber ist aber darauf hinzuweisen, daß z. B. auf dem krystallinen Magnesite von Oberdorf, der mit 47·25% MgO, Spuren von CaO und 0·43% FeO dem Kraubather Gelmagnesite sehr nahe kommt, *Asplenium adulterinum* (das doch sicherlich in bezug auf edaphische Ansprüche mit *A. cuneifolium* weitgehend übereinstimmt) wächst, während es auf dem Gel-Magnesite von Kraubath bisher wenigstens weder von Nevole noch von mir beobachtet werden konnte.

Nach der Theorie Novak's müßte der Kraubather Magnesit sogar ganz besonders geeignet für die Ansiedlung der beiden Serpentinfarne sein, da ja die Relation

$$\frac{MgO}{CaO} = \frac{48 \cdot 10}{0}$$

bei ihm sogar den Wert ∞ erreicht (den Novak, Tabelle I, p. 59, u. a. auch für Serpentin und Magnesit als besonders bezeichnend anführt).

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die merkwürdige Tatsache, daß dort, wo Serpentin und Magnesit — wie bei Kraubath — in innigstem Kontakt stehen, der Magnesit sich den Serpentinfarnen gegenüber nur ganz ausnahmsweise wie ein dem Serpentin äquivalentes Substrat verhält, während er dort, wo er völlig isoliert von jedem Serpentinvorkommen wie in Oberdorf und am Sattlerkogel auftritt, ohneweiters einen für *Asplenium adulterinum*, beziehungweise *A. cuneifolium* geeigneten Standort bildet, läßt sich übrigens auch noch von einem anderen Gesichtspunkte aus erklären. Ich habe schon früher (L III, p. 91 und p. 95) der Meinung Ausdruck gegeben, daß man *Asplenium cuneifolium* und ebenso *A. adulterinum* als typisch oligotrophe Arten — Magerkeitszeiger — aufzufassen und ihre unbestrittene Vorliebe für Serpentinboden eben in diesem Sinne zu verstehen hat, da ja die Nährstoffarmut des Serpentins wohl von keinem anderen Gestein übertroffen werden dürfte.

Serpentin ist also unter allen Umständen, ohne Rücksicht auf die Art der ihn umgebenden Gesteine, für die beiden Serpentinfarne der optimale Standort, auf welchem sie mit der geringsten Konkurrenz zu rechnen haben, an dem sie daher auch mit besonderer Zähigkeit festhalten und von welchem aus sie auch nur selten und auf geringe Distanz auf das Nachbargestein übertreten, so im Gabraungraben auf Orthogneis, bei Kraubath auf Gel-Magnesit, unter der Voraussetzung, daß dort die Konkurrenz eine möglichst gering ist. (Man erinnere sich dabei, was in dieser Hinsicht für den Standort auf Gel-Magnesit im alten Steinbruche der Gulsen schon früher besonders hervorgehoben wurde!) Dem Serpentin gegenüber erscheint also der (Gel-)Magnesit der Gulsen als das nährstoffreichere Substrat; damit ist aber nicht gesagt, daß dies immer, d. h. auch anderen Gesteinsarten gegenüber der Fall sein müsse. Man kann sich sehr wohl vorstellen, daß z. B. bei Oberdorf und am Sattlerkogel der Veitsch, wo Tonschiefer und Grauwackenschiefer, welche sehr mineralkräftige Böden liefern, den Magnesit begleiten, dieser den genannten Schiefern gegenüber das nährstoffärmere Substrat darstellt, in diesem Falle also für *Asplenium adulterinum*, beziehungsweise *A. cuneifolium* das relativ optimale Substrat bildet und daher dort dem Serpentinboden sich äquivalent erweist, wobei wohl auch ein geringerer Grad von Konkurrenz auf dem Magnesitboden daselbst und eine mehr oder weniger weitgehende Übereinstimmung der physikalischen Bodeneigenschaften des Magnesits mit jenen des Serpentins eine weitere Voraussetzung bilden dürfte. Ob unter ähnlichen Umständen wie im Falle Oberdorf, beziehungsweise Sattlerkogel auch noch andere Gesteine außer Magnesit sich als dem Serpentin äquivalent erweisen, beziehungsweise Serpentinfarne tragen könnten, läßt sich zur Zeit weder absolut bejahen noch verneinen, da ja die diesbezüglichen Substratangaben vielfach strittig sind und auch über die jeweilige Standortstopographie, beziehungsweise über das Nebeneinander der verschiedenen Gesteinsarten in diesen Fällen meist nichts gesagt wird.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Was die von mir (vgl. L III, p. 95) vertretene Ansicht, daß *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* in erster Linie an die Nährstoffarmut des Serpentinbodens angepaßt seien und möglicherweise dieser Umstand (im Verein mit anderen Faktoren) den ersten Anstoß zur Bildung von Serpentinformen gegeben hat, betrifft, so möchte ich bemerken, daß dafür u. a. mir auch folgende Umstände zu sprechen scheinen: 1. Daß nach Christ (vgl. L II, p. 41) auf den Serpentinhalden von Casarza in Italien *Asplenium cuneifolium* im Geröll steht, dagegen das unveränderte *A. adiantum nigrum* die mit Erde überzogenen Ränder derselben bewohnt, also zweifellos das nährstoffreichere Substrat daselbst bevorzugt, während sich ersteres mit den ausgelaugteren, erdarmen Plätzen begnügt; 2. daß *Asplenium cuneifolium* zwar in der Umgebung des Zobten auf Serpentin, aber nicht auf dem benachbarten, nährstoffreicheren Gabbro, beziehungsweise Granit, aus welchem der Zobten selbst besteht, vorfindet (vgl. Milde J., Die Gefäßkryptogamen in Schlesien, Verh. d. Kais. Leopold-Carol. Akad. der Naturforscher, Vol. XXVI, P. II, 1859 [?] p. 235); 3. daß, nach Milde J. (Bericht über die Tätigkeit der bot. Sektion d. schles. Ges., 1868, S.-A., p. 9). *A. cuneifolium* bisweilen zur Normalform zurückkehrt, was möglicherweise darauf zurückgeführt werden könnte, daß die Bodenverhältnisse des Standortes sich geändert. beziehungsweise verbessert haben! Daß solche Fälle in der Natur nicht häufiger zu beobachten sind, ist leicht erklärlich, da ja wohl in den meisten Fällen durch die mit der Bodenverbesserung einsetzende Konkurrenz *Asplenium cuneifolium* einfach verdrängt wird, während im Experimente (siehe Sadebeck!) die Konkurrenz eben ausgeschaltet wird und daher die Rückkehr zur Stammform sich ungestört vollziehen kann. Auch das so oft beobachtete Fehlen dieses Farnes auf der Nordabdachung von Serpentinstöcken bei reichlicherer Humusauflagerung könnte, abgesehen von der damit eintretenden Änderung der klimatischen Verhältnisse, in diesem Sinne gedeutet werden; 4. selbst die Kulturversuche Sadebeck's mit *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum*, beziehungsweise die Tatsache, daß dabei beide Serpentinfarne bei Kultur auf serpentinfreier Unterlage nach fünf bis sechs Generationen zur Stammform zurückkehrten, scheint mir obige Deutung nicht auszuschließen, da ja von dem dabei zur Kultur verwendeten Substrate, Torf+Gartenerde, zum mindesten die letztere gleichzeitig eine Verbesserung der Ernährungsverhältnisse gegenüber dem Serpentin bedeutet. Auch für den Kulturversuch, den Kerner schon 1861 bis 1863 mit *Asplenium cuneifolium* im Innsbrucker Botanischen Garten anstellte, bei welchem allerdings (wohl infolge zu kurzer Dauer des Versuches!) die Rückkehr zur Stammform nicht eintrat, gilt das Gleiche, da ja der verwendete serpentinfreie Lehm-, beziehungsweise Tonboden sicherlich auch ein nährstoffreicheres Substrat darstellte als der Serpentinboden (vgl. Kerner, Über das sporadische Vorkommen

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sogenannter Schieferpflanzen im Kalkgebirge. Verh. d. Z.-b. Ges. Wien, 1863, XIII. Bd., p. 256).

Ich möchte diese Betrachtungen nicht schließen, ohne vorher noch kurz einiger Verhältnisse zu gedenken, welche das Vorkommen von *Asplenium adulterinum* in Nordeuropa betreffen. Gelegentlich der Bearbeitung der beiden Farne: *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* für die »Areale«, Verlag Gustav Fischer, Jena 1928, I. Reihe, Heft 8, Karte 80*a* und 80*b*, machte mich der Herausgeber, Universitätsprofessor Dr. E. Haunig (Münster), darauf aufmerksam, daß in den letzten Jahren eine Reihe von Fundorten des *Asplenium adulterinum* in Schweden, Norwegen und Finnland bekannt geworden seien, während man bis dahin annahm, daß die Nordgrenze des Vorkommens dieser Art in Mitteleuropa ungefähr zwischen dem 50 und 51° n. B. verlaufe. Die Herren Professor Dr. J. Holmboe (Oslo), Dr. K. Linkola (Helsinki, Finnland) und Dr. G. Samuelsson (Stockholm), mit denen ich darauf in Fühlung trat, hatten die große Liebenswürdigkeit, mich über den jeweiligen Standort sowie das Substrat, auf dem genannter Farn wuchs (soweit letzteres ihnen bekannt war), näher zu informieren. In Schweden wurde *A. adulterinum* unter dem 58° n. B. bei Taberg in Smaland aufgefunden (veröffentlicht ohne nähere Angabe des Substrates in Botaniska Notiser 1918). Der Standort liegt, wie mir Dr. Samuelsson schrieb, im Hyperitgebirge unweit Jönköping. Nun fand ich in Rosenbusch (l. c. p. 157 unter Nr. 3*a*) die Analyse eines Magnetitolivinits von Taberg in Smaland, welche das Verhältnis $\frac{MgO}{CaO} = 11 \cdot 9$ ergibt (bei einem gleichzeitigen Gehalt von 43·45% Fe-Oyyd). Es handelt sich hier zwar nicht um einen eigentlichen Serpentin, aber doch um ein dem Serpentin nahestehendes Gestein mit beträchtlichem MgO- und geringem CaO-Gehalt. (Nach Rosenbusch [l. c. p. 161] nimmt der Hyperit ein Mittelstellung zwischen Gabbro und Norit ein — vgl. diesbezüglich auch die eingangs dieser Ausführungen gebrachte Tabelle!) Jedenfalls kann, da der Hyperit u. a. auch Olivin enthält, dieser bei der Verwitterung Serpentin liefern! In Norwegen wurde *A. adulterinum* bei Ytredal im Kirchspiele Norddal, Möre, unter 62° n. B. von Ovedahl 1918 entdeckt. Die Etikette des Herbars im Osloer Museum gibt (nach Holmboe) das Substrat nicht an. Auch hat der Finder darüber anderweitig nichts publiziert und ist leider seit Jahren geistesgestört. Holmboe hält es aber persönlich für höchstwahrscheinlich, daß *A. adulterinum* auch dort auf Serpentin oder einem damit nahe verwandten Gestein gefunden wurde, nicht nur, weil, wie er schreibt, dieser Farn auch sonst so stark an solche Gesteinsarten gebunden ist, sondern ganz besonders, weil in der unmittelbaren Umgebung des Standortes eine ganze Reihe von Serpentin- und Olivinvorkommen bekannt sind, beziehungsweise in der geologischen Literatur erwähnt werden.

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Standorte des genannten Farnes in Finnland, und zwar: 1. Nord-Savolax: Niinivara im Kirchspiele Kaavi und 2. Nordkarelien: Ahmovara im Kirchspiele Juga (unter 63° n. B.) betreffen nach Mitteilung Dr. Linkola's durchwegs Serpentinsubstrat (vgl. Meddelanden of Societas pro Fauna et Flora Fennica 46, p. 7).

Asplenium adulterinum hat somit seine Nordgrenze ungefähr bei 63° n. B. und kommt an derselben, gleichwie dies für *Asplenium cuneifolium* bei Aberdeen in Schottland gilt, nur auf Serpentin vor. Dort, an den Grenzen ihres Wohngebietes, kann man vielleicht wirklich beide Serpentinfarne mit Recht als streng bodenstet bezeichnen. Im übrigen Teile ihres Verbreitungsgebietes, speziell im Zentrum desselben, sind sie es aber nicht, verhalten sich dort edaphisch weniger exklusiv, womit sie ja nur eine Regel bestätigen, die für die Verbreitung der Pflanzenarten überhaupt weitestgehende Gültigkeit hat. Nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens läßt sich mit Bestimmtheit feststellen, daß *Asplenium adulterinum* außer auf dem eigentlichen Serpentin noch auf Dunit (bezüglich der Unterschiede desselben gegenüber Serpentin vgl. Redlich, l. c. p. 302), Hyperit, Magnesit sowie auf einem Mischboden von Micaschistgneis und Serpentin vorkommt, *Asplenium cuneifolium* außer auf eigentlichem Serpentin ebenfalls auf Dunit, Magnesit, Orthogneis sowie auf einem Mischboden von Granulit und Serpentin beobachtet wurde. Freilich darf dabei nicht verschwiegen werden, daß bei beiden Farnen Serpentinsubstrat durchaus die Regel ist, gegen welche die aufgezählten Ausnahmen zurücktreten. Man wird daher nicht fehlgehen, wenn man den Serpentin (inklusive des Dunits, vielleicht auch des Hyperits) als das gegenwärtig gegenüber allen andern Gesteinen schlechtweg optimale, den Ansprüchen der beiden Serpentinfarne in edaphischer Hinsicht am meisten adäquate Substrat auffaßt, wogegen Magnesit, speziell in seiner krystallinen Form, schon weit seltener den genannten Farnen ebenfalls ein geeignetes Substrat liefert, wie es scheint, unter der Voraussetzung, daß Serpentin in der Nähe fehlt, und die übrigen Gesteinsarten, wie Granulit, Orthogneis, Micaschist gneis, Gelmagnesit nur ganz ausnahmsweise als minder geeignetes Substrat für *Asplenium cuneifolium*, beziehungsweise *A. adulterinum* in Betracht kommen, wenn sie in Kontakt mit Serpentin stehen, wobei eine Beeinflussung derselben in chemischer Hinsicht durch das Serpentingestein allerdings im Bereiche der Möglichkeit liegt, aber keineswegs bis jetzt in jedem Falle einwandfrei sichergestellt ist. Es ist aber ebensogut möglich, daß in diesen Fällen weniger die Angleichung des Nachbargesteins in chemischer Hinsicht an den Serpentin, als vielmehr ein mehr oder weniger weitgehender Grad der Übereinstimmung der physikalischen Eigenschaften der in Kontakt stehenden Gesteine sowie ganz besonders ein geringer Grad der Konkurrenz auf dem Nachbargestein die Voraussetzung für den Übertritt der Serpentinfarne vom Serpentin auf letzteres bildet. Nicht unerwähnt möchte ich am Schlusse dieser Ausfüh-

© Verlag Austria-Forum / Austrian Academy of Sciences / Wissenschaftliches Datenzentrum.at

rungen noch eine Theorie lassen, welcher bei der Erörterung pflanzengeographischer Probleme eine Bedeutung nicht abgesprochen werden kann. Es ist die von Cowles und anderen amerikanischen Forschern vertretene »dynamische Theorie«, nach welcher der Florencharakter hauptsächlich vom Verwitterungsstadium des Bodens abhängig sein soll. Zollitsch, der in seiner Arbeit (p. 113) auch darauf zu sprechen kommt, akzeptiert sie nur bedingungsweise, indem er sagt, daß sie nur insoweit berechtigt sei, als behauptet werde, daß durch das Verwitterungsstadium eines bestimmten Ortsbodens, nicht aber auch das Verwitterungsstadiums überhaupt ein verschiedener Florencharakter gegeben sei. Zweifellos kann sich z. B. der *pH*-Wert im Laufe der Verwitterung eines Gesteins, beziehungsweise seines Verwitterungsbodens sehr erheblich ändern. Zollitsch führt ja selbst an, daß z. B. der chemisch unverwitterte, beziehungsweise wenig verwitterte Serpentin basische Reaktion aufweist, während die fortschreitende Verwitterung desselben in seinen Sekundärböden zu neutraler bis schwach saurer Reaktion führt. Durch die Mitwirkung der darauf siedelnden Pflanzen, beziehungsweise mit zunehmender Mächtigkeit der Humusschicht kann der Serpentinboden schließlich, speziell bei eintretender Rohhumusbildung sogar sehr stark sauren Charakter annehmen. Damit hört er aber nicht nur auf, ein für die Serpentinfarne optimaler Standort zu sein, sondern diese können sich dann auf ihm überhaupt nicht mehr halten, da speziell *Asplenium cuneifolium* es auf solchem Boden von seinem gefährlichsten Konkurrenten, der *Calluna vulgaris*, die in noch höherem Grade oligotroph ist, dabei ein niedrigeres Lichtgenußminimum besitzt (vgl. L II, p. 55), an einen höheren Grad der sauren Reaktion im Boden angepaßt ist (nach Benecke, l. c. p. 163, bei $pH = 5 \cdot 8$ bis $4 \cdot 6$) und selbst wieder besonders sauren Humus bildet (nach Arrhenius, l. c. p. 11/12, vom *pH*-Werte $3 \cdot 5$ bis 5), einfach verdrängt wird. Ob der Mangel jeglicher Serpentinomorphosen in der primären, epilithischen Vegetation des Serpentins möglicherweise unter anderem mit dem anders gearteten *pH*-Werte des mehr oder weniger unverwitterten Gesteins gegenüber jenem im Sekundärboden desselben zusammenhängt, läßt sich zur Zeit nur vermuten und erfordert weitere, eingehende Untersuchungen.

Wenn ich mit dieser — vierten — Arbeit über die Ökologie der Serpentinpflanzen meine diesbezüglichen Untersuchungen zu einem vorläufigen Abschlusse bringe, so bin ich mir dabei sehr wohl bewußt, daß das Serpentinpflanzenproblem nach wie vor nichts weniger als eine res judicata ist, wenigstens was den Kern desselben betrifft. Aber in der Analyse mancher Teilbedingungen, speziell jener, die für die Existenz beider »Serpentinfarne«, *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum*, eine Voraussetzung bilden, sind wir gerade in letzter Zeit erheblich weitergekommen, was einen keineswegs zu unterschätzenden Fortschritt in der Behandlung des ganzen Problems bedeutet. Dazu durch ein im Laufe von vier

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Jahren gesammeltes Tatsachen-, beziehungsweise Beobachtungsmaterial beigetragen und bei der Auswertung desselben vielleicht manche neuen Gesichtspunkte aufgezeigt zu haben, soll mir zu aufrichtiger Genugtuung gereichen!

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. *Asplenium cuneifolium* wurde, bei Kraubath, ganz vereinzelt auch auf dem dortigen, im alten Steinbruch der Gulsen den Serpentin begleitenden Gelmagnesite aufgefunden, fehlt aber unter gleichen Umständen sowohl am Dürenberg als auch im Wintergraben diesem Gestein durchaus. *Asplenium adulterinum* wurde in dem ganzen genannten Gebiete auf Gelmagnesit überhaupt nicht beobachtet, obwohl es dort auf Serpentin vorkommt. Da nun aber *A. cuneifolium* auf dem krystallinen Magnesit des Sattlerkogels der Veitsch häufig ist und auch *A. adulterinum* auf solchem Gestein bei Oberdorf vorkommt, darf man annehmen, daß Gelmagnesit und krystalliner Magnesit sich den beiden genannten »Serpentinfarnen« gegenüber wie zwei ungleichwertige Substrate verhalten, was mit physikalischen Unterschieden, die sich aus der Verschiedenheit von Gelstruktur und Krystalloidstruktur ergeben, zusammenhängen dürfte.

2. Der *pH*-Wert der Rhizosphäre von *Asplenium cuneifolium* wurde auf Serpentinboden oberhalb des alten Steinbruches der Gulsen mit 7·6 bis 7·7, am Dürenberg auf dem gleichen Boden mit 7·49, beziehungsweise 7·6 bis 7·7, auf Magnesitboden im alten Steinbruch der Gulsen mit 8·7 bis 8·8 bestimmt. Unter Einbeziehung der von Novak für unseren Farn ermittelten *pH*-Wert ergibt sich demnach für sein Vorkommen auf Serpentin allein ein Intervall von $pH = 6{\cdot}5$ bis 7·7, für sein Vorkommen überhaupt, soweit auch der Magnesit berücksichtigt wird, ein Intervall von $pH = 6{\cdot}5$ bis 8 8. Ob *Asplenium adulterinum* eine ähnliche oder abweichende Anpassungsbreite an den *pH*-Wert des Bodens aufweist, läßt sich derzeit noch nicht mit Sicherheit feststellen, da der *pH*-Wert seines Standortes auf Magnesit noch nicht ermittelt wurde.

3. Der aus Serpentin hervorgegangene Verwitterungsboden kann, nach den Untersuchungen von Zollitsch, Novak und von mir, sehr verschiedene Reaktion, von schwach sauer über neutral bis ausgesprochen alkalisch, aufweisen. Magnesit-Verwitterungsboden kann nach meinen Untersuchungen einen sehr hohen Grad von alkalischer Reaktion ($pH = 8{\cdot}8$), weit höher als Kalkboden, erreichen. Wo daher Magnesit und Serpentin, wie dies u. a. in der Gulsen der Fall ist, besonders innig vergesellschaftet sind, dürfte dies einen wesentlichen Einfluß auf die Reaktion des Serpentins, richtiger gesagt Serpentin-Magnesit-Mischbodens im Sinne einer stärkeren Verschiebung derselben nach der alkalischen Seite hin ausüben.

4. Der Versuch Novak's, die von ihm vertretene strenge Gebundenheit der Serpentinfarne an Serpentin und Magnesit in erster Linie auf die angeblich nur für die Verwitterungsböden dieser

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Gesteine charakteristische Relation: $\frac{MgO}{CaO} > 1$, zurückzuführen, kann derzeit noch keineswegs als restlos geglückt bezeichnet werden.

5. Serpentin und verwandte Gesteine, wie Dunit, vielleicht auch Hyperit u. a. bilden in ihren Böden zweifellos für beide Serpentinfarne das optimale, den Ansprüchen derselben in edaphischer Hinsicht am meisten gerechtwerdende Substrat, wobei weniger der MgO-Reichtum desselben, als vielmehr seine allgemeine Nährstoffarmut und die dadurch bedingte Herabsetzung der Konkurrenz den Ausschlag geben dürften, vorausgesetzt, daß auch die klimatischen Verhältnisse des Standortes solche sind, daß sie die Ansiedlung genannter Farne gestatten.

6. Krystalliner Magnesit kann, wenn auch weit seltener als Serpentin, gleichfalls als relativ optimales Substrat für die Serpentinfarne in Betracht kommt, aber wie es scheint, nur dann, wenn Serpentin in der Nähe fehlt, in welchem Falle dann der Magnesit den begleitenden Gesteinen, meist Tonschiefern, gegenüber die Rolle des relativ nährstoffärmsten Substrates spielt und daher den Serpentin gewissermaßen ersetzen kann.

7 Noch seltener als Serpentin und krystalliner Magnesit kommen fallweise noch andere Gesteine, wie Granulit, Orthogneis, Micaschistgneis und Gelmagnesit, beziehungsweise deren Verwitterungsböden als Substrat für die Serpentinfarne in Betracht, wie es scheint, nur dann, wenn sie mit Serpentin in Kontakt stehen, wobei der Übertritt der genannten Farne vom Serpentin aus auf das Nachbargestein immer nur auf eine geringe Entfernung zu erfolgen scheint. Welche Voraussetzungen diesem Übertritte zugrundeliegen, läßt sich zur Zeit noch nicht mit Sicherheit überblicken. Novak nimmt freilich hiefür, beziehungsweise für die Standorte auf Granulit und Micaschistgneis schlechtweg eine Angleichung dieser Böden in chemischer Hinsicht an den Serpentin durch eine MgO-Anreicherung an und bezeichnet sie kurzweg als »Serpentinböden«. Ebensogut ist aber denkbar, daß es eine mehr weniger weitgehende Übereinstimmung der physikalischen Eigenschaften, des *pH*-Wertes und der Konkurrenzverhältnisse der Standorte ist, welche den Substratwechsel genannter Farne ermöglicht.

Nachtrag.

Erst während der Drucklegung dieser Arbeit erhielt ich Kenntnis von dem Werke: J. Braun-Blanquet, Pflanzensoziologie (Grundzüge der Vegetationskunde), Berlin 1928 (Biologische Studienbücher, VII.). Dasselbe bringt u. a. p. 161, Abb. 94, ein Bodenprofil über Serpentingestein am Ochsenkopf bei Parpan (2400 *m*). Der *pH*-Wert der obersten Bodenschichte ist dort 5·4, die Vegetation eine azidiphile, im Gegensatze zum Serpentin-Rohboden, welcher nach dem Autor neben indifferenten auch viele kalkholde und selbst kalkstete Arten trägt (p. 160 bis 162).